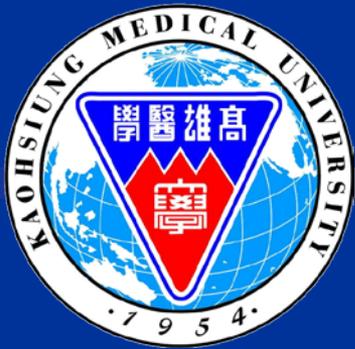


擴散磁共振造影 腦部臨床應用與研究



高雄醫學大學

醫學影像暨放射科學系

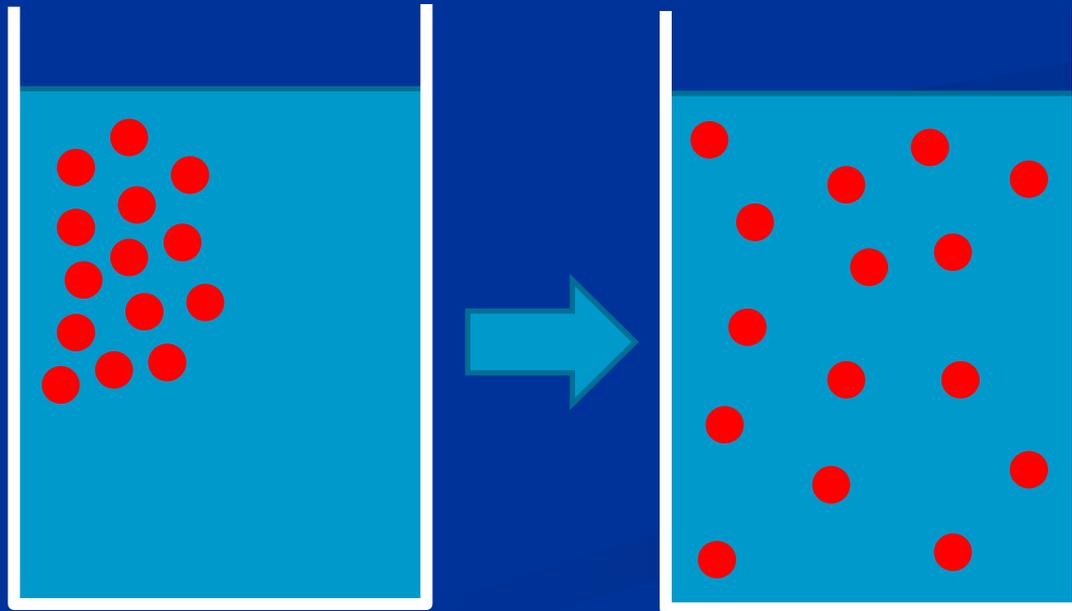
周銘鐘 副教授 2017/07/10

內容大綱

- 擴散權重造影與應用
- 擴散張量造影與應用
- 纖維追蹤技術與應用
- 腦部網路分析與應用

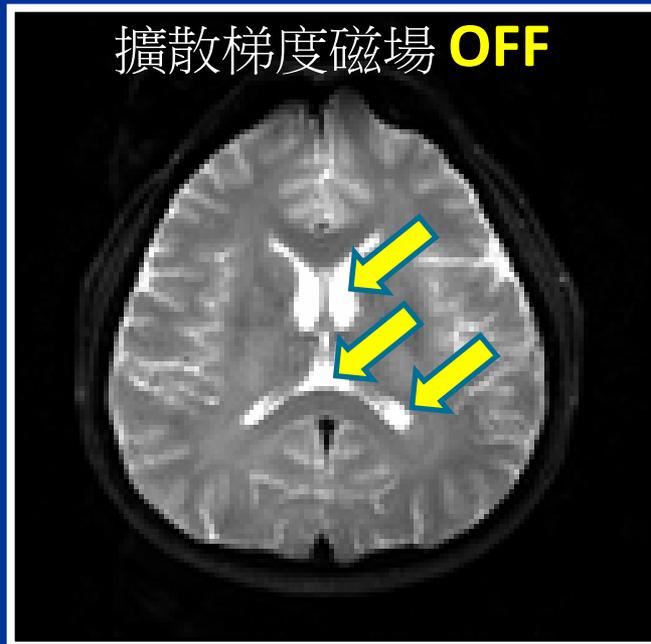
甚麼是擴散現象？

- 擴散是一個由熱能驅使的運動過程，此過程會促使分子隨機運動。

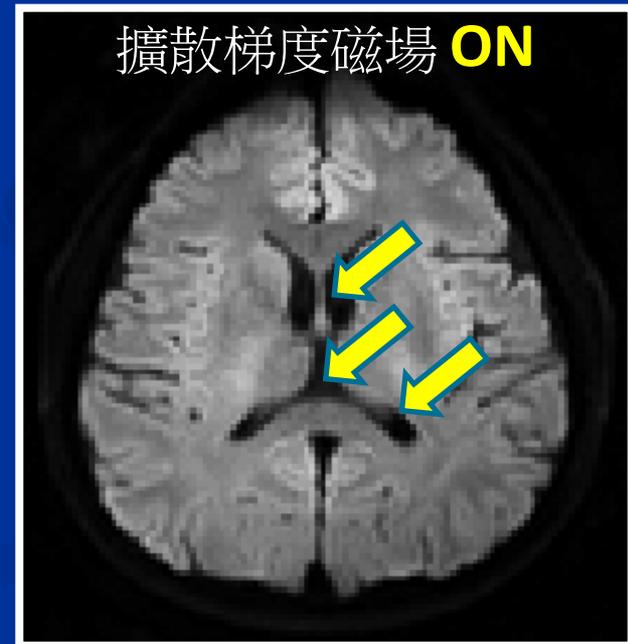
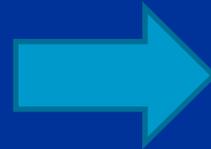


甚麼是擴散權重影像？

- 水分子擴散造成位置改變，進而使擴散權重影像上的訊號降低。



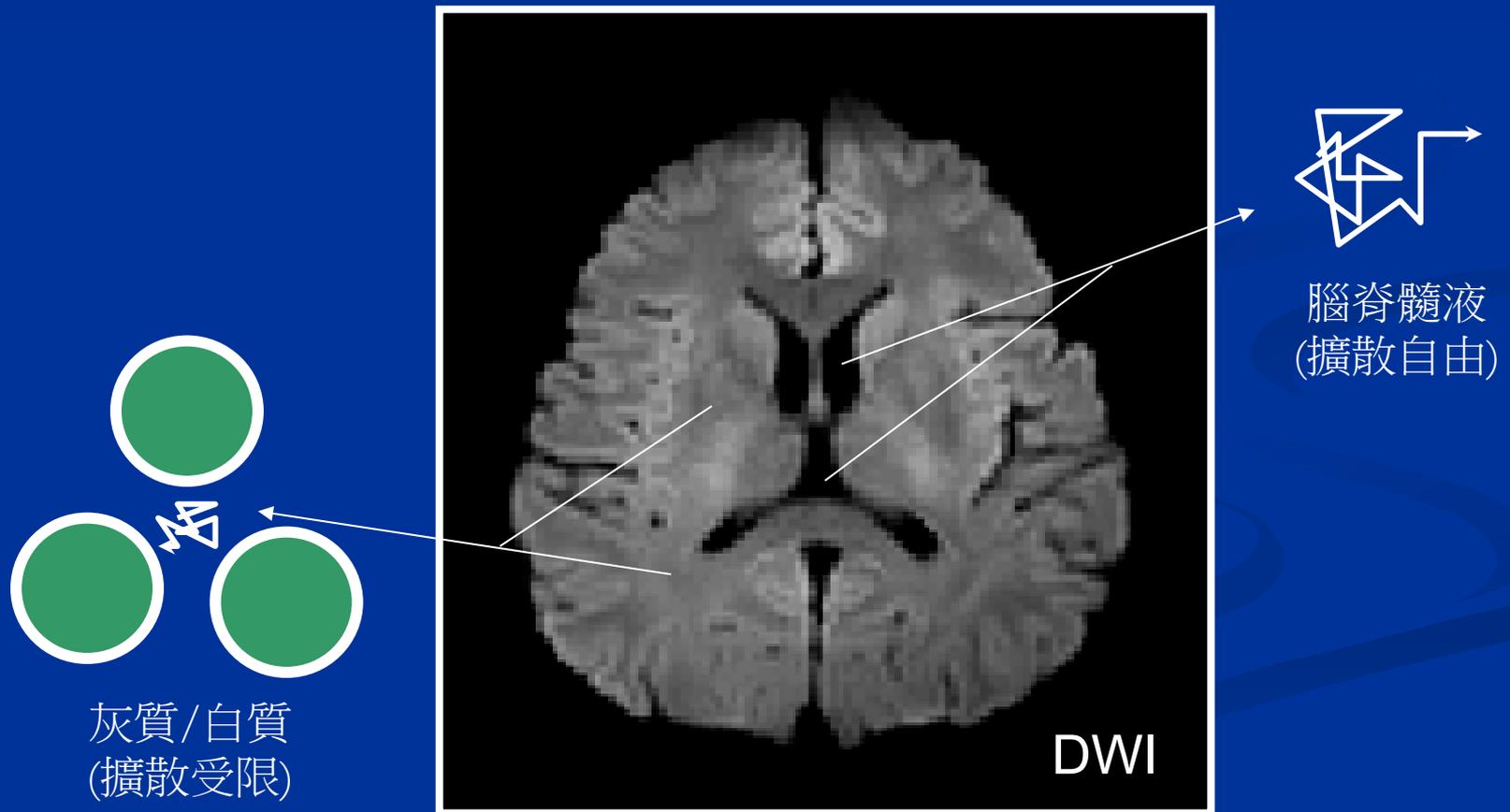
無擴散權重之影像



擴散權重影像

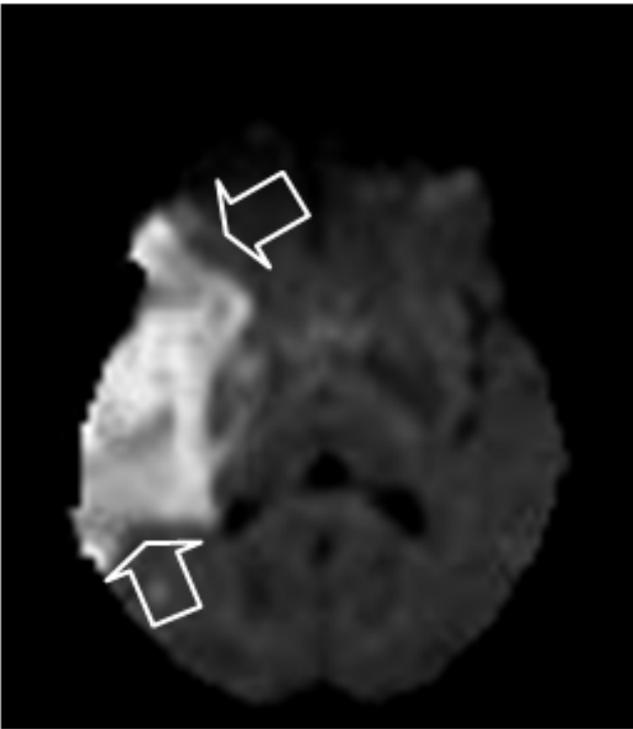
擴散權重影像

- 擴散愈大 → 訊號愈低

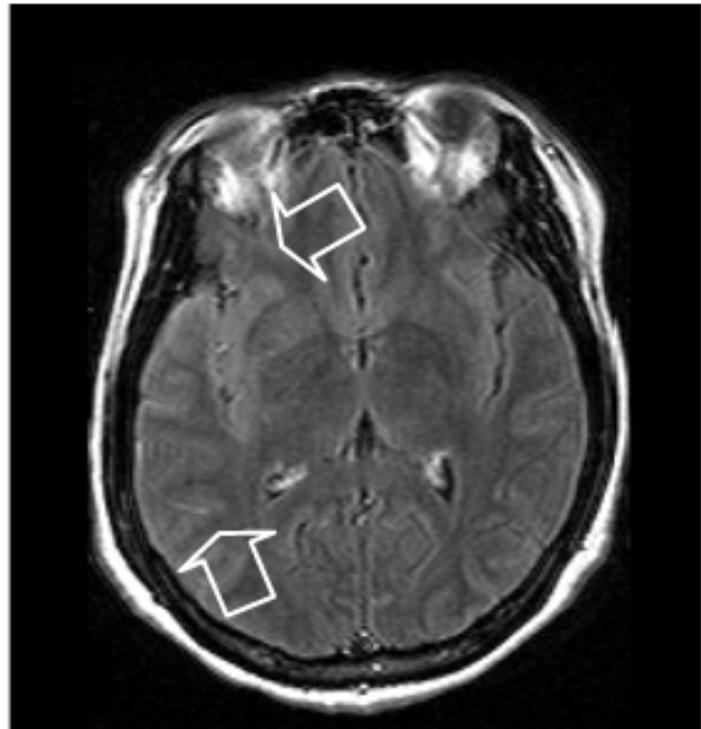


擴散權重影像

- 診斷缺血性腦中風



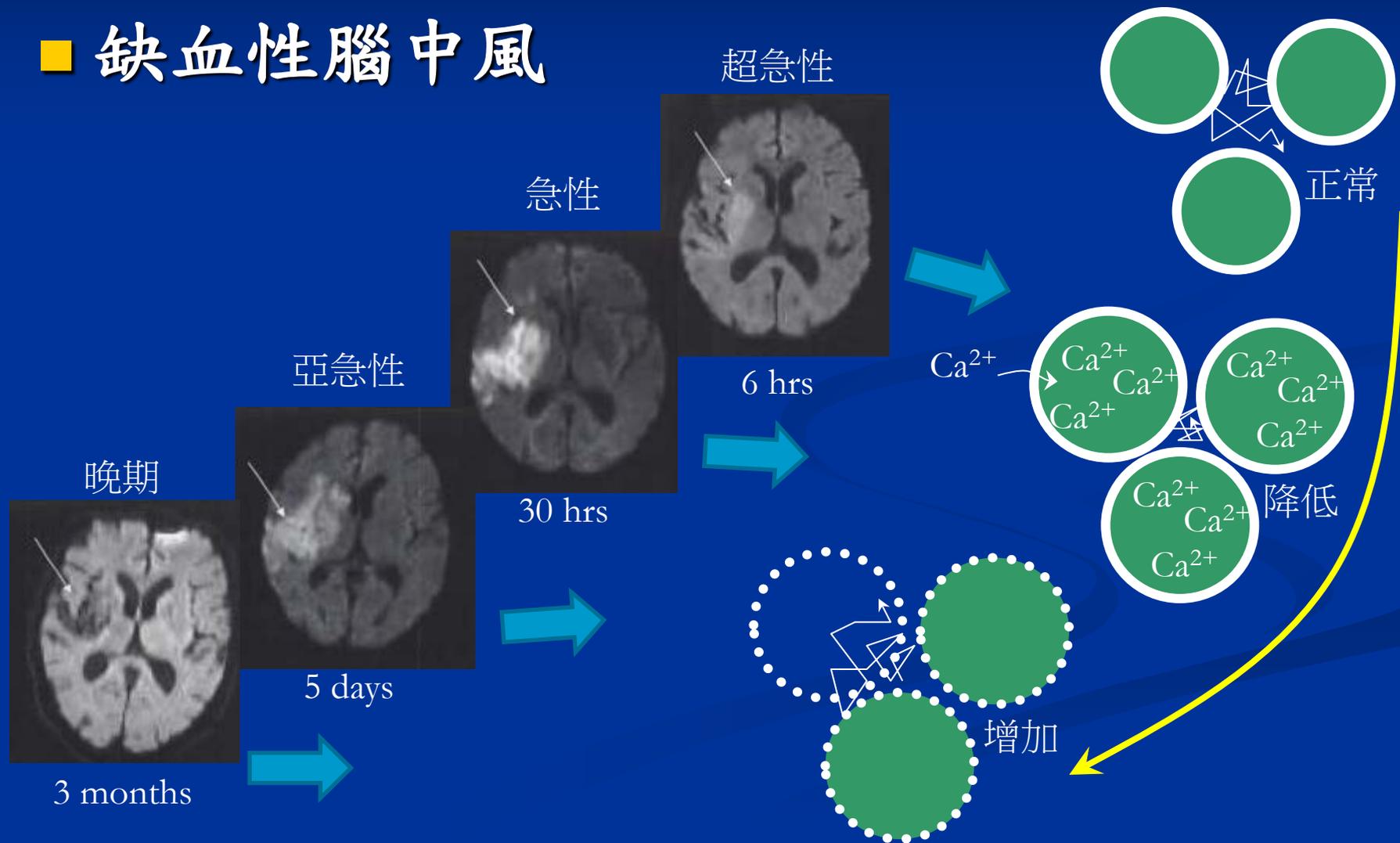
擴散權重影像(DWI)



傳統 FLAIR 影像

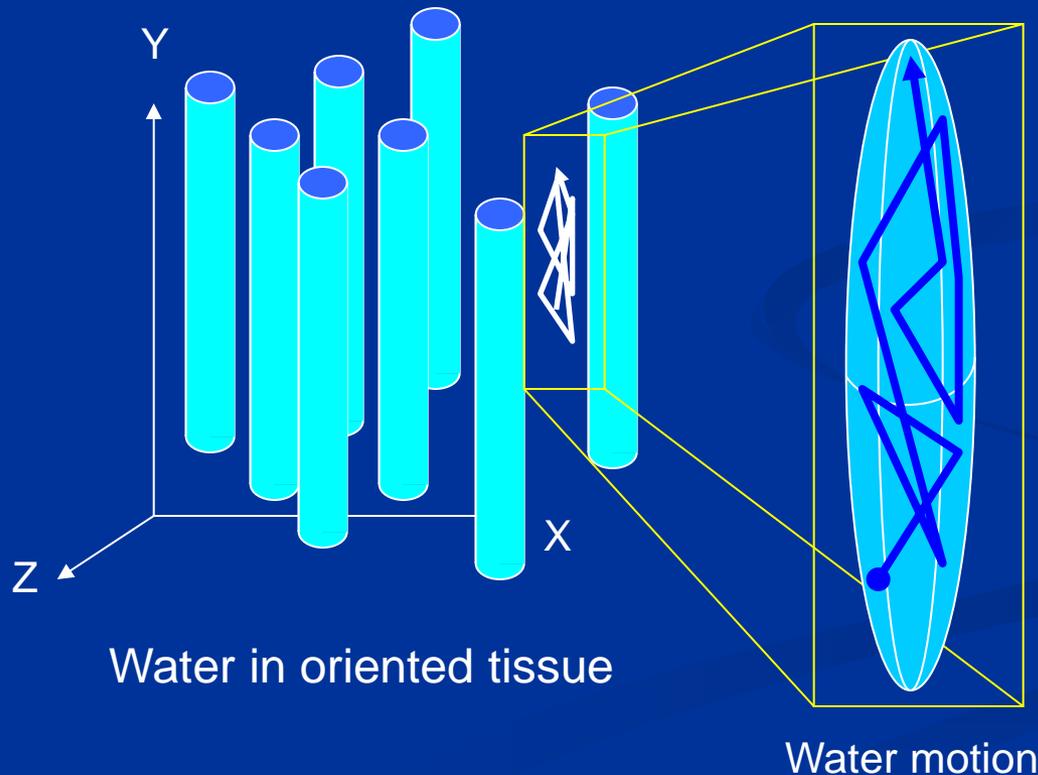
擴散權重影像

■ 缺血性腦中風



擴散張量造影 (DTI)

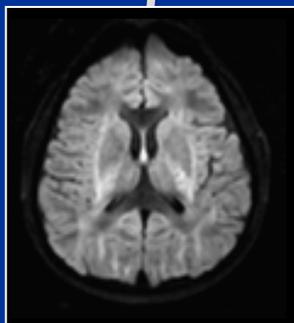
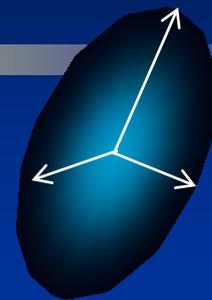
- 假設水分子的擴散分布為「橢圓體(張量)」



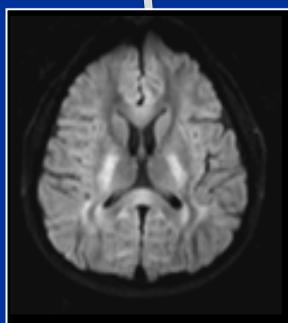
擴散張量造影 (DTI)

■ 橢圓體方程式

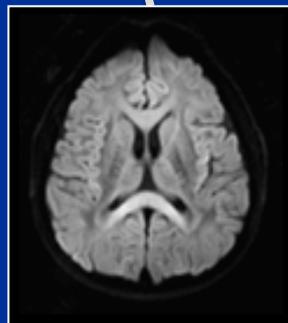
$$D_x x^2 + D_y y^2 + D_z z^2 + D_{xy} xy + D_{yz} yz + D_{xz} xz$$



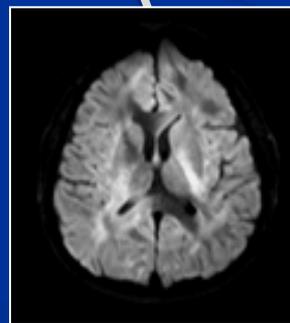
DWI_x



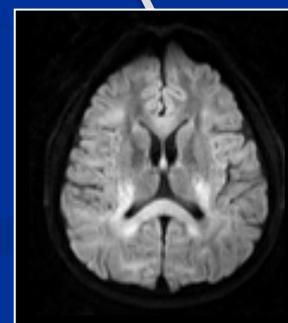
DWI_y



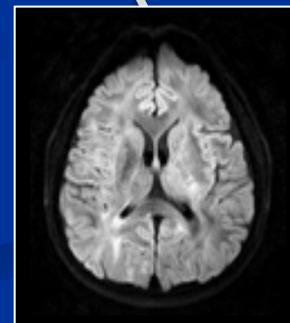
DWI_z



DWI_{xy}

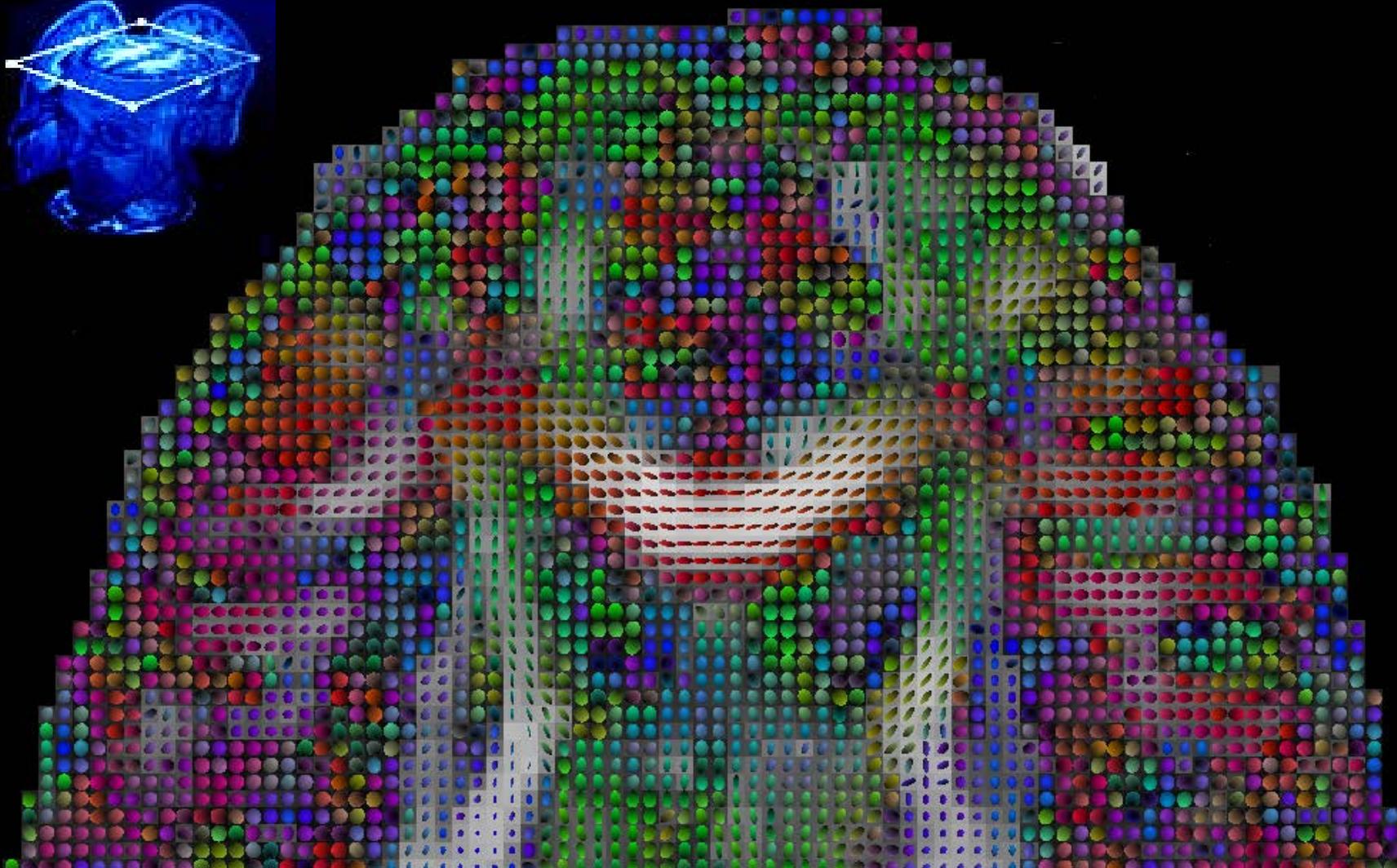


DWI_{yz}



DWI_{xz}

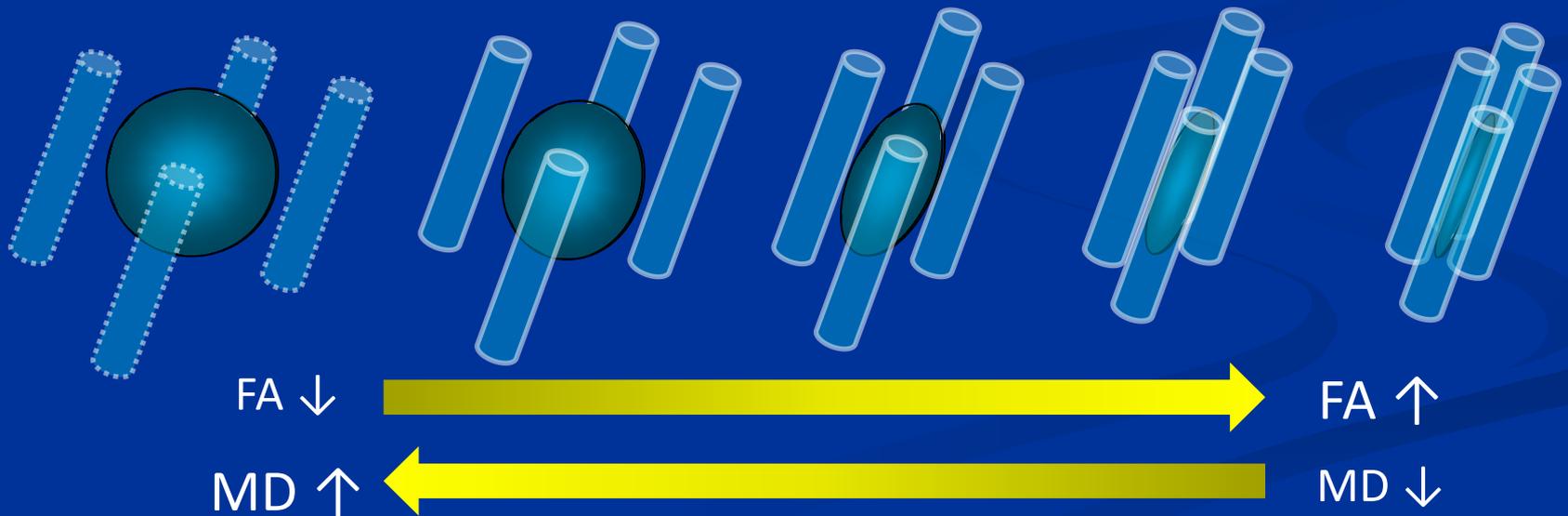
擴散張量造影 (DTI)



擴散張量造影

■ 橢圓體之形狀與大小：

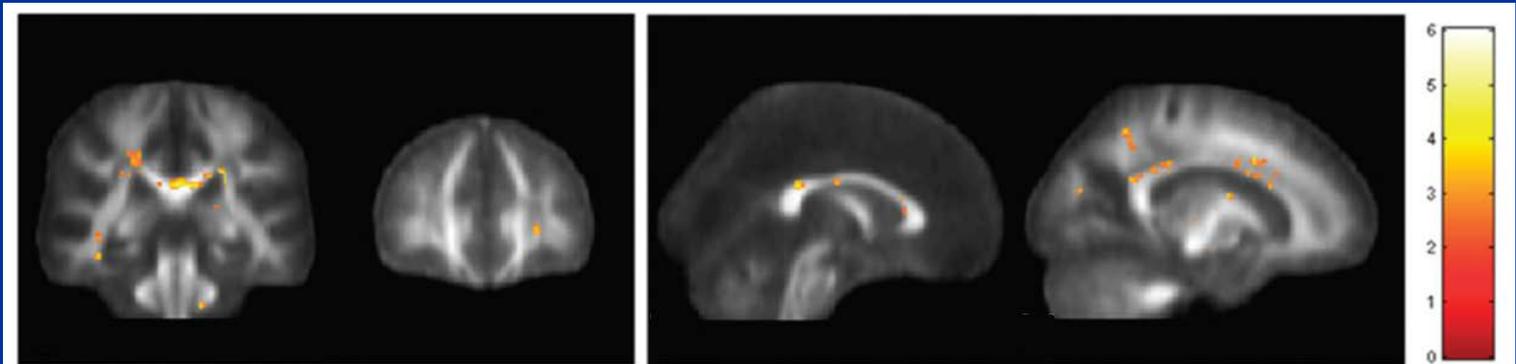
- 形狀：FA (部分不等向性)，介於 0~1 之間
- 大小：MD (平均擴散度)，單位(mm^2/s)



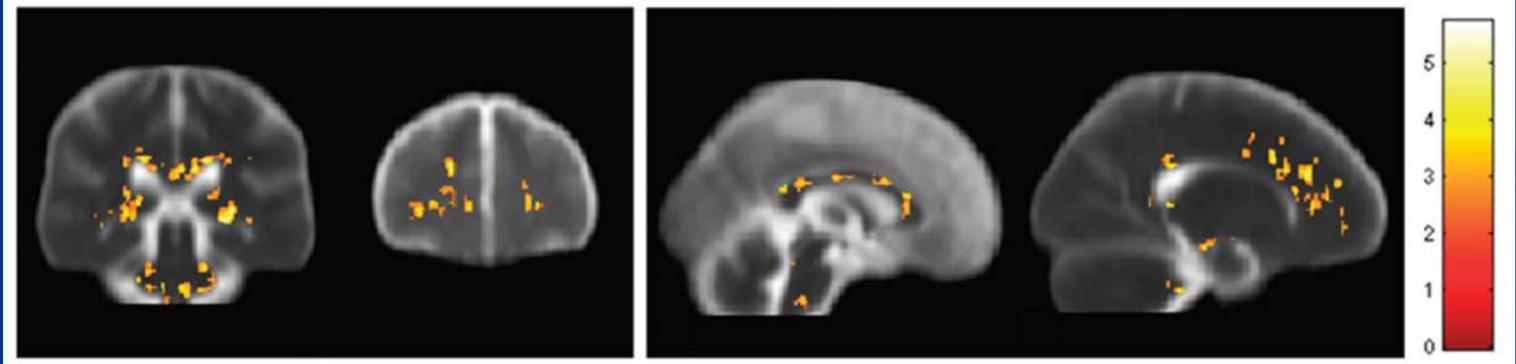
擴散張量造影

- 診斷洗腎患者之腦部組織微小病變
(28病人 vs 25正常人)

FA ↓
($P < C$)

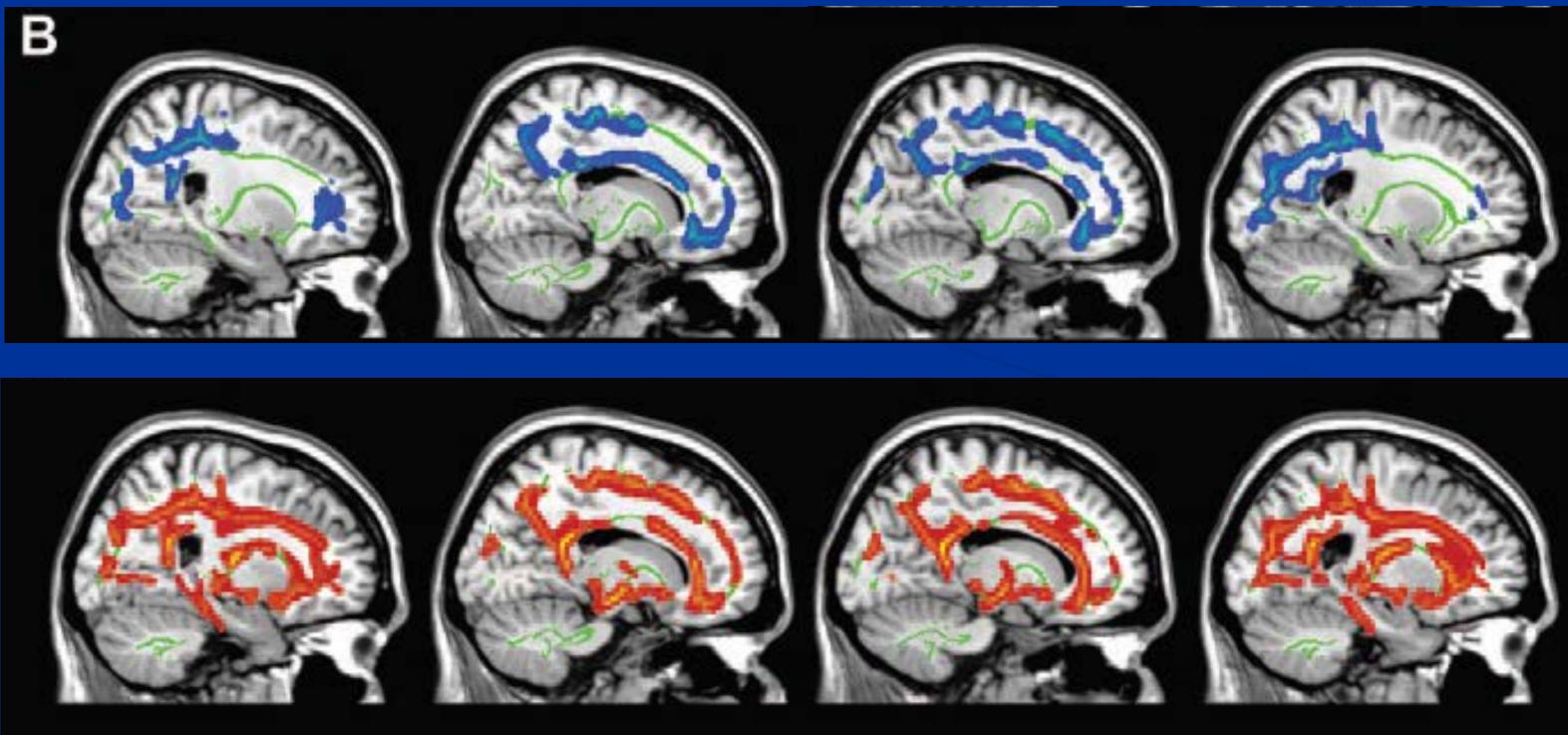


MD ↑
($P > C$)



擴散張量造影

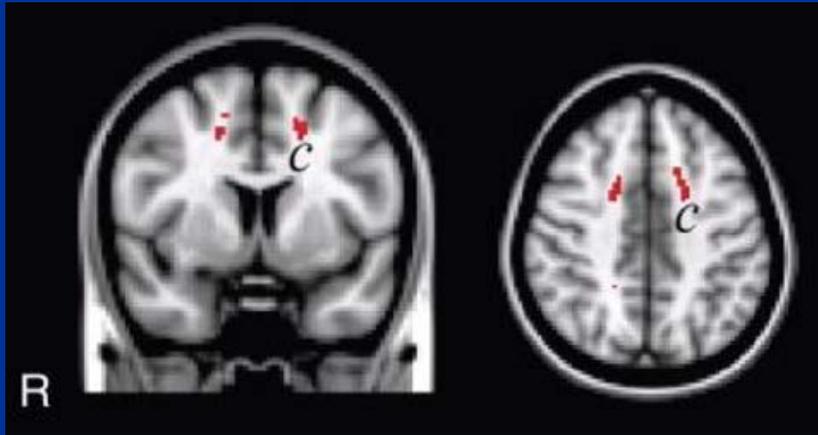
- 診斷阿茲海默症患者之腦部組織退化情形 (36患者 vs 35正常人)



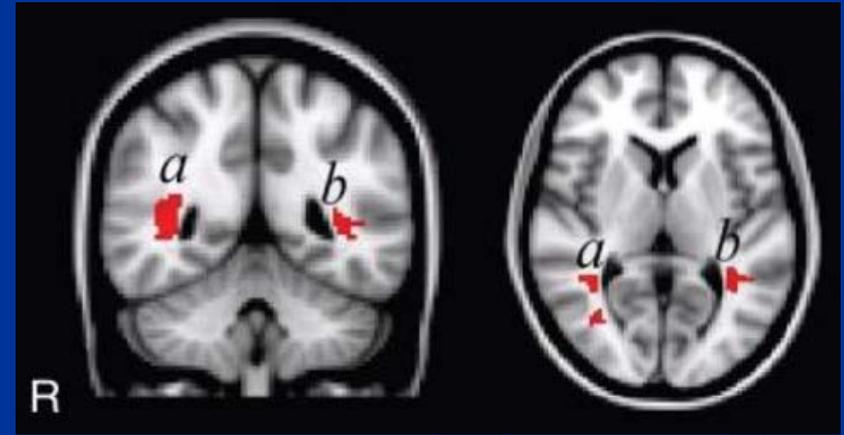
擴散張量造影

- 診斷自閉症患者腦部組織與常人之不同處 (17患者 vs 25正常人)

FA ↓
(P < C)



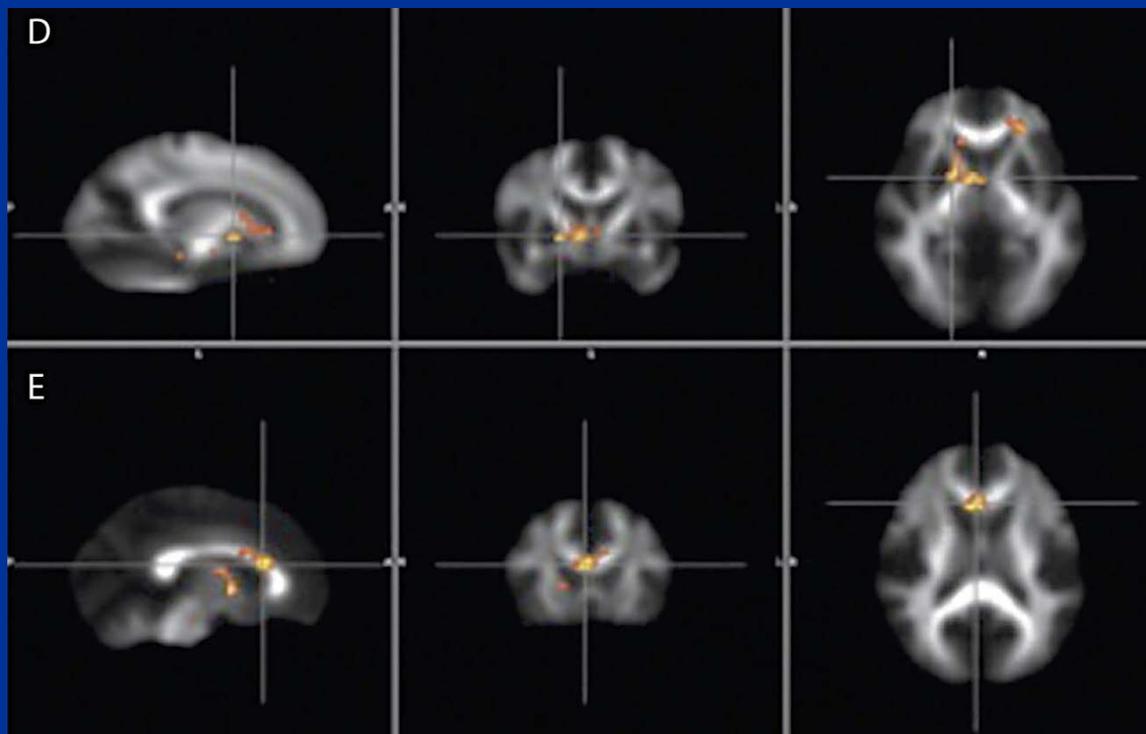
Bilateral Anterior Corona Radiata



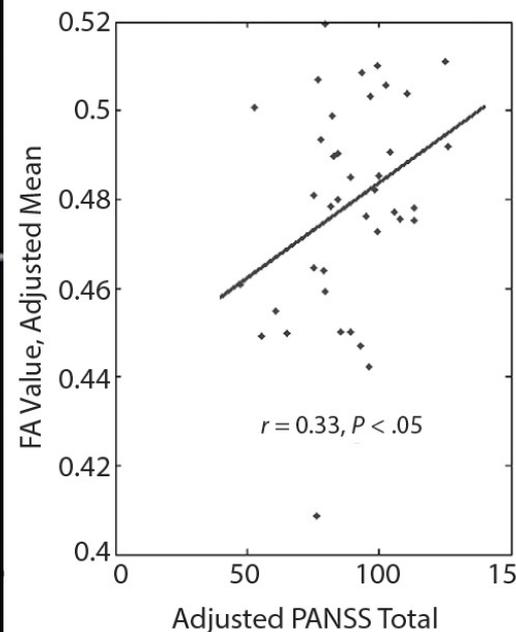
Bilateral Inferior Longitudinal Fasciculi

擴散張量造影

- 思覺失調症患者腦部變化與症狀之相關性
(39患者 vs 30正常人)



C. FA Value in the Corpus Callosum and PANSS Total Score^c



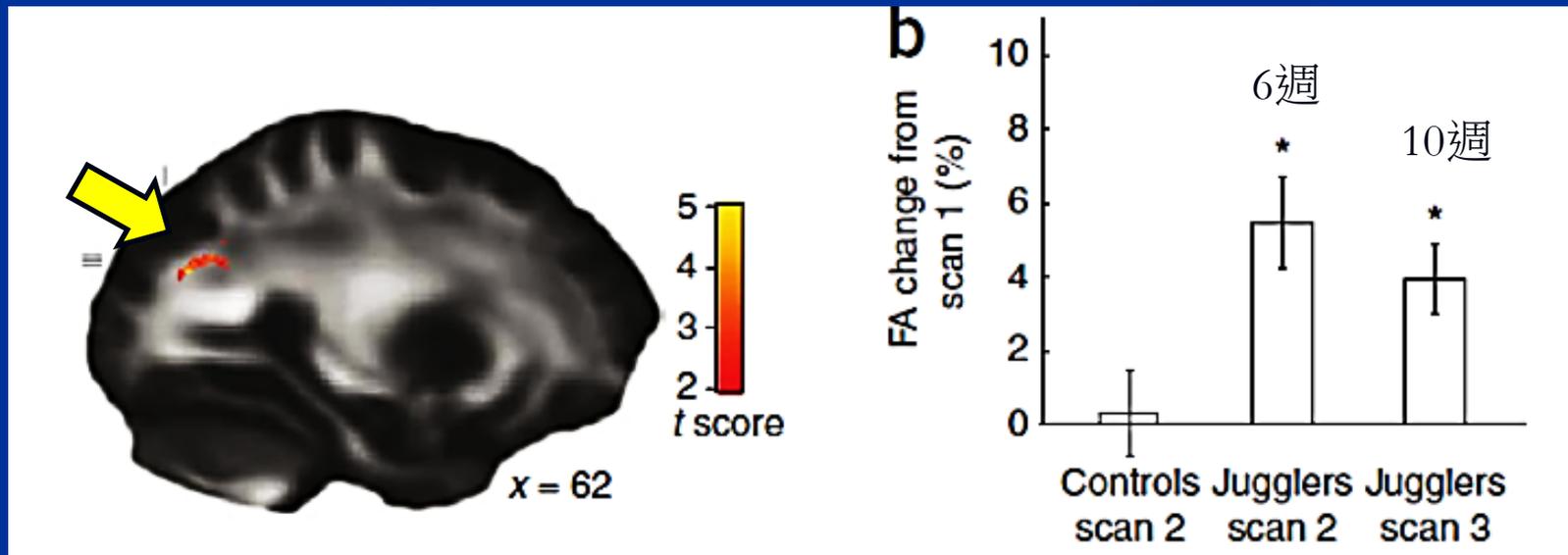
擴散張量造影



- 觀察雜耍運動訓練後之腦部組織可塑性 (24訓練組 vs 24控制組)

「訓練前」 → 「訓練6週」 → 間隔4週無訓練 「第10週」

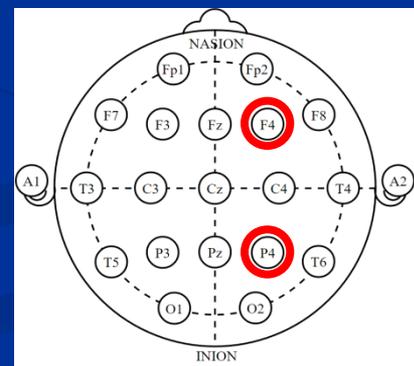
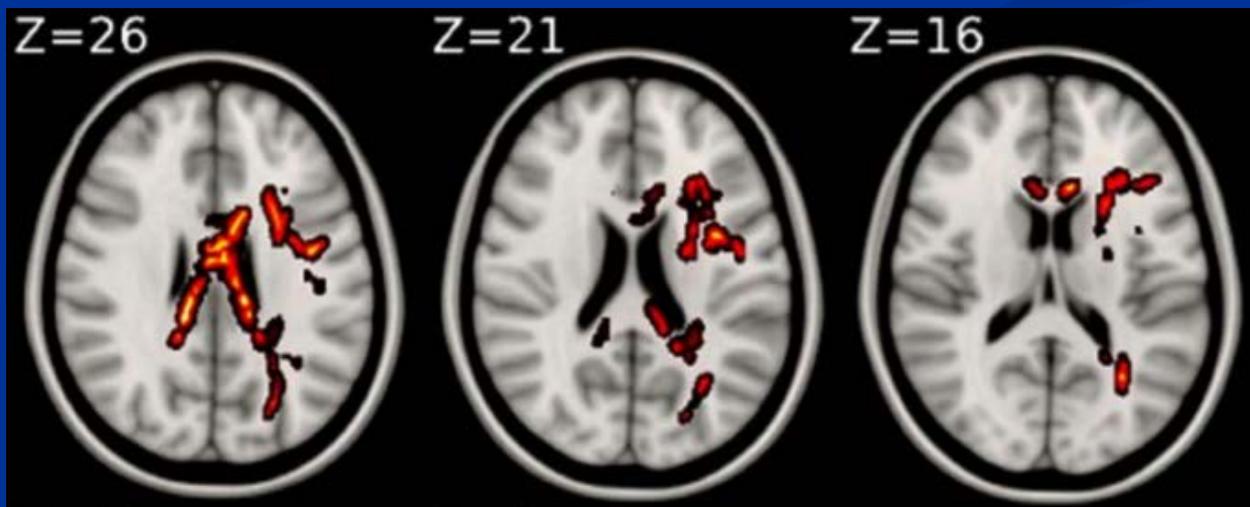
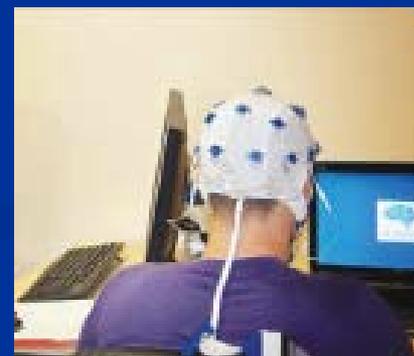
FA ↑



擴散張量造影

- 觀察神經回饋訓練(NFT)之腦部組織可塑性
(12訓練組, 12偽對照組, 6控制組)

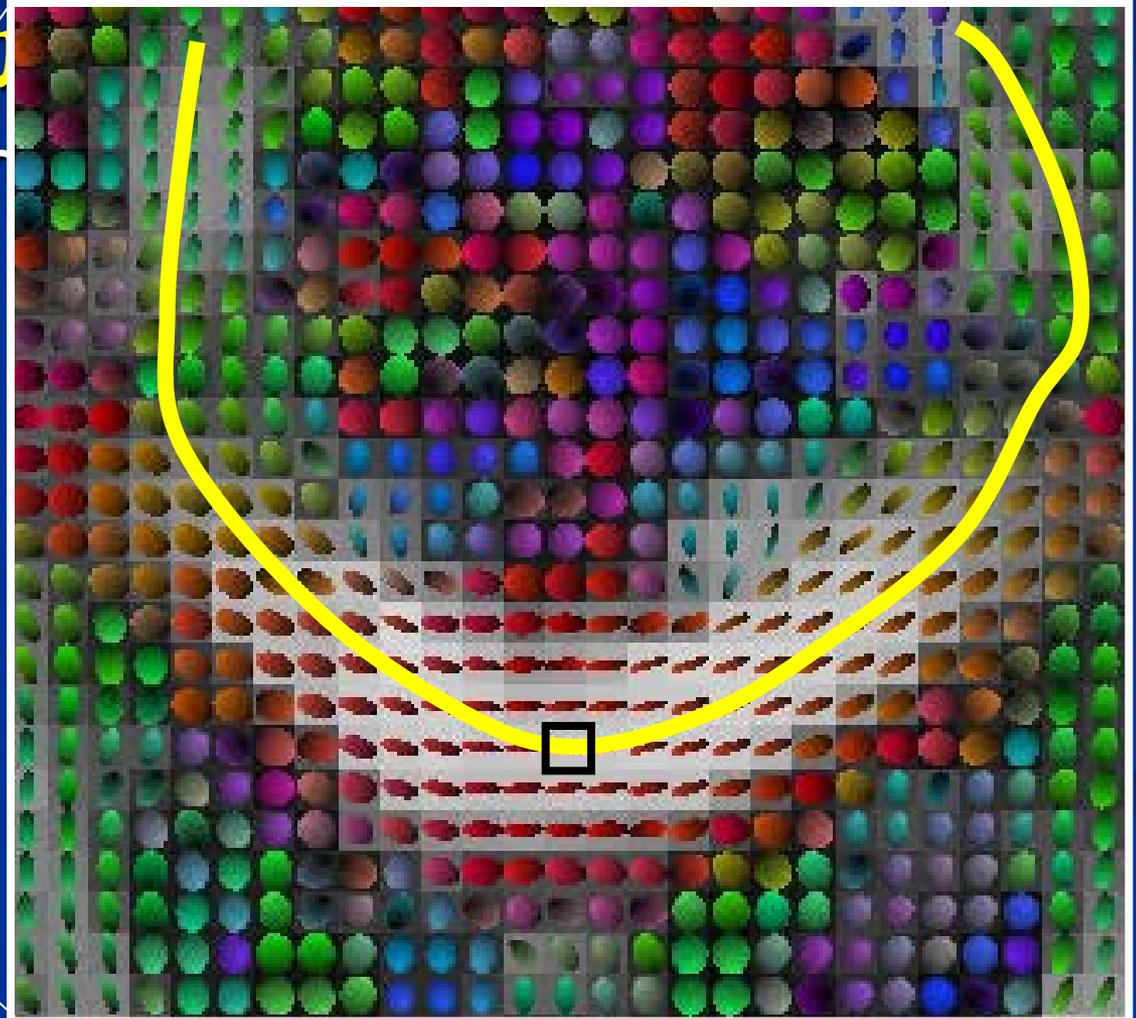
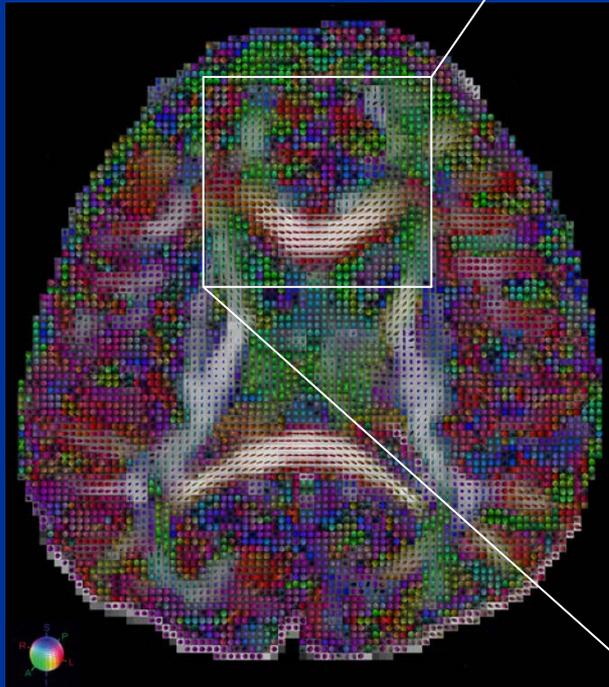
「訓練右腦 β 1強度(15-18 Hz)，為期 13.5 週，
並觀察腦波：F4 & P4 位置」



FA ↑

擴散張量造影

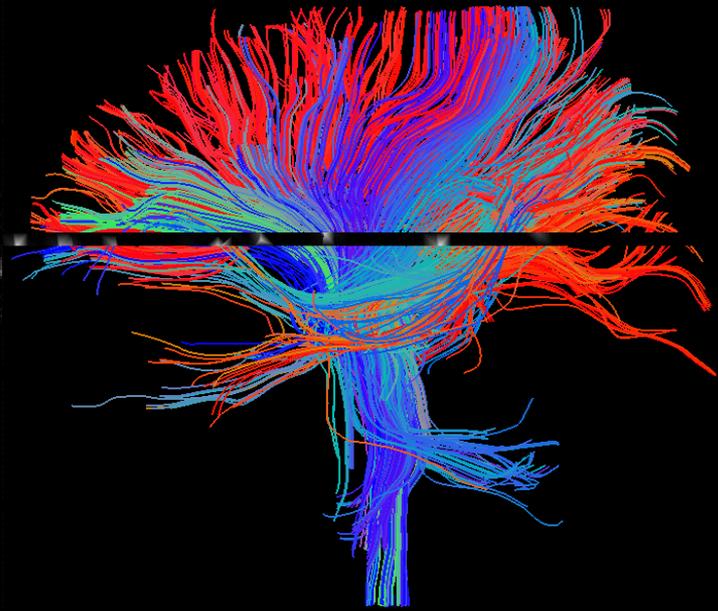
- 橢圓體的方向
- 纖維追蹤術 (Tr)



腦部纖維追蹤

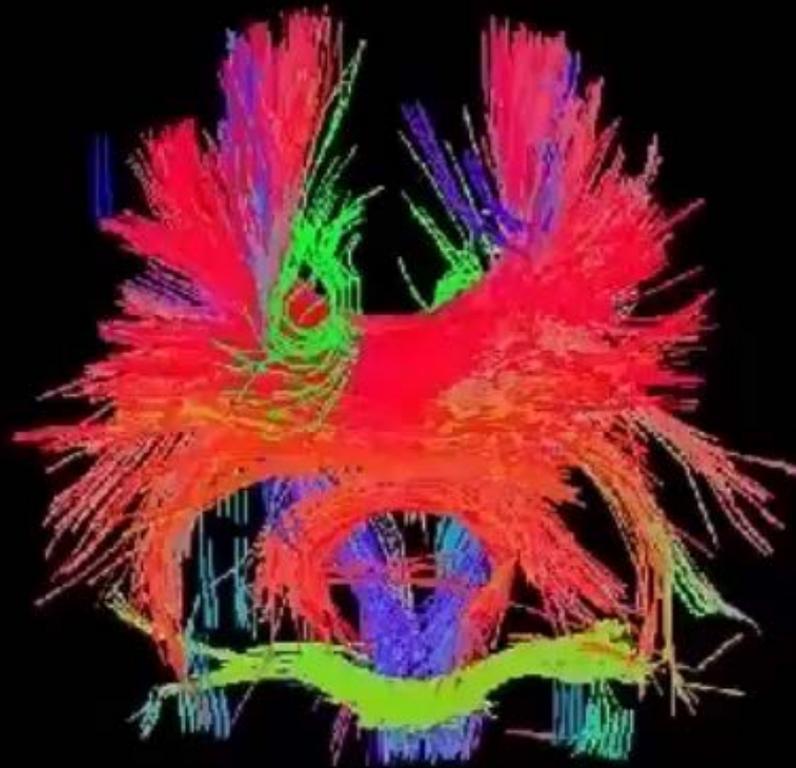


實際解剖之腦部纖維

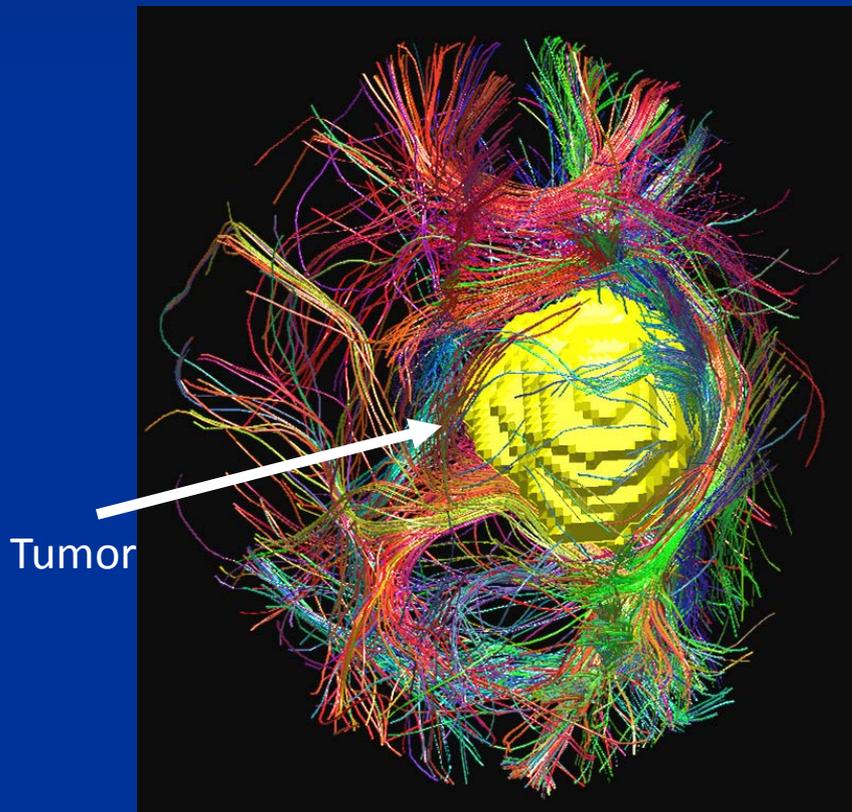


活體纖維追蹤圖

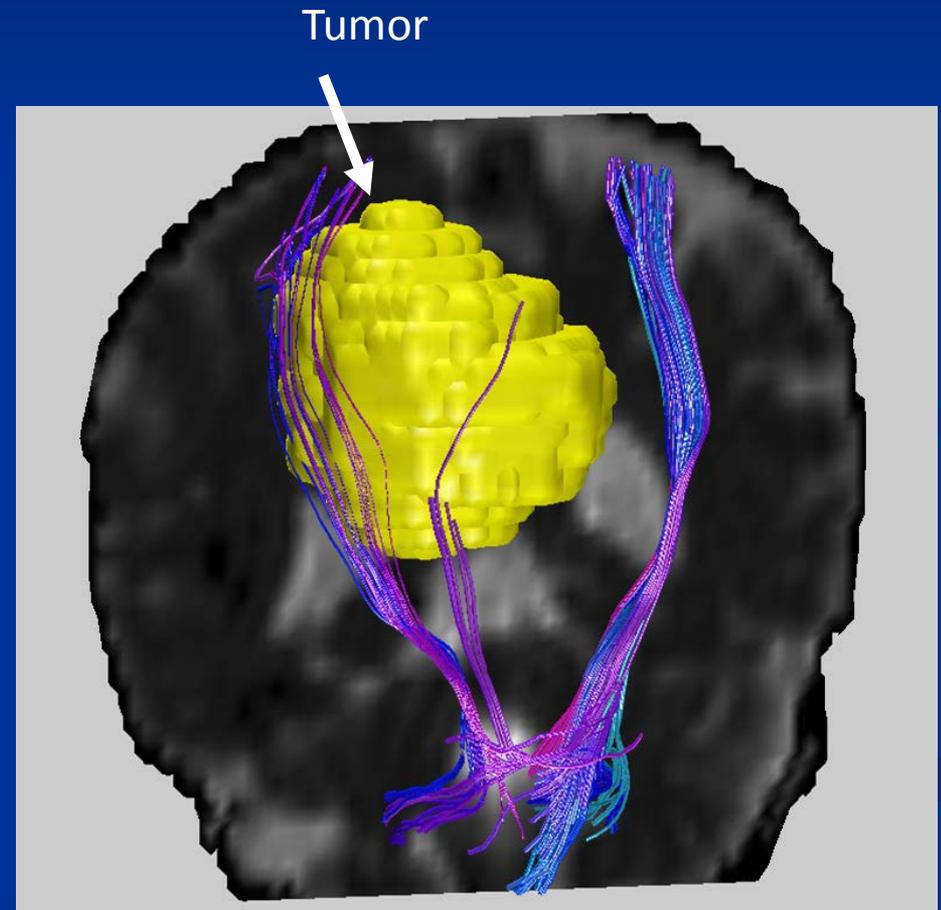
腦部纖維追蹤



腦瘤病人：手術評估

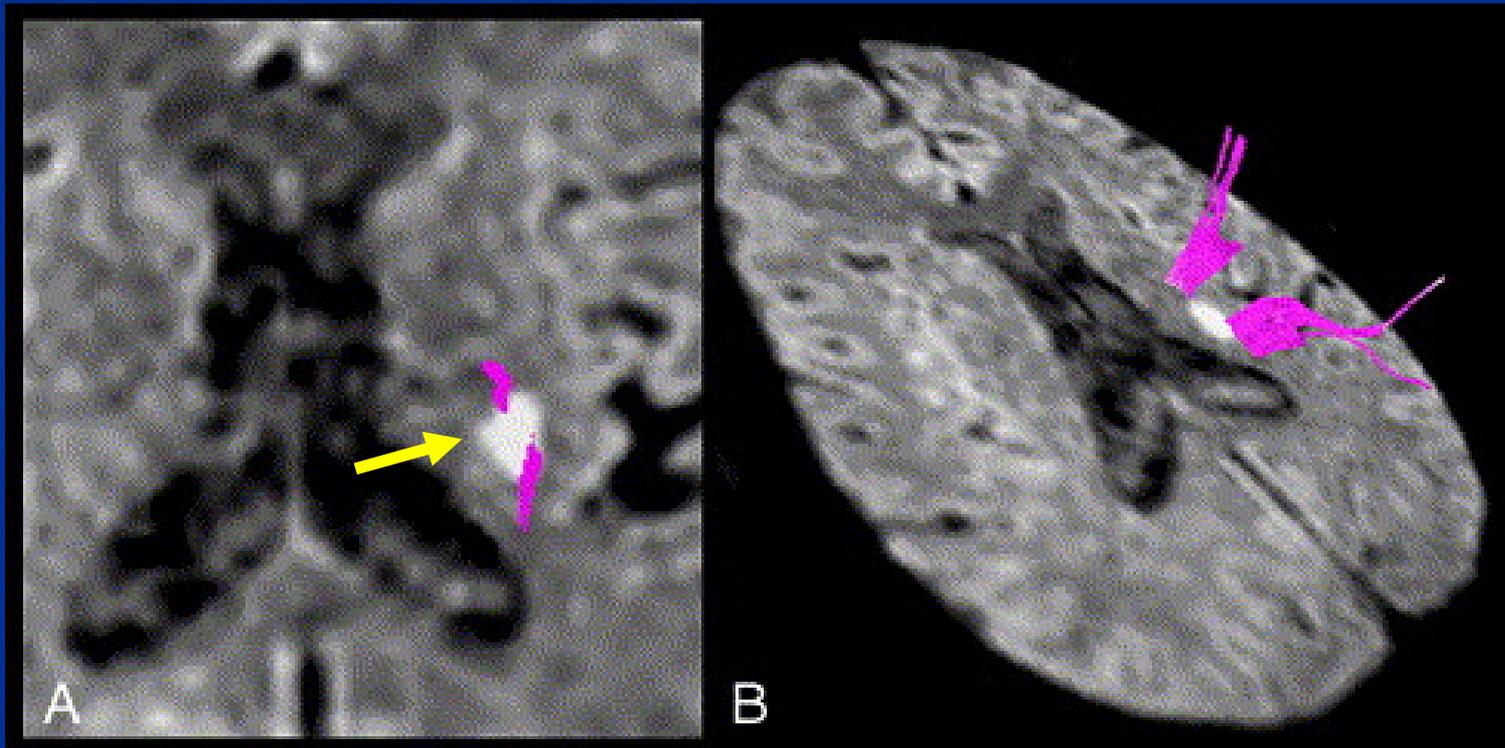


Top View



Anterior View

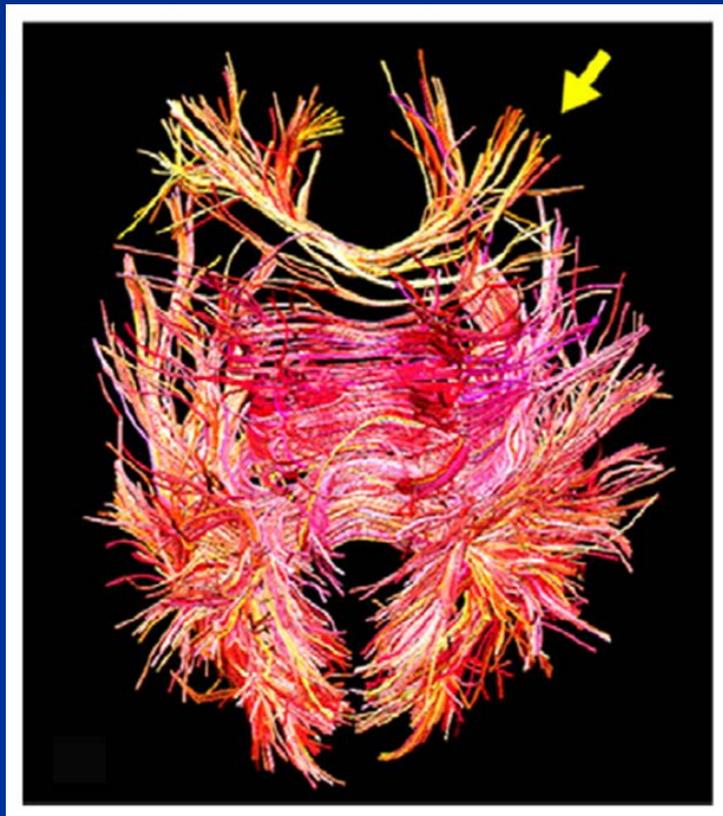
中風病人：纖維受損評估



中風區域

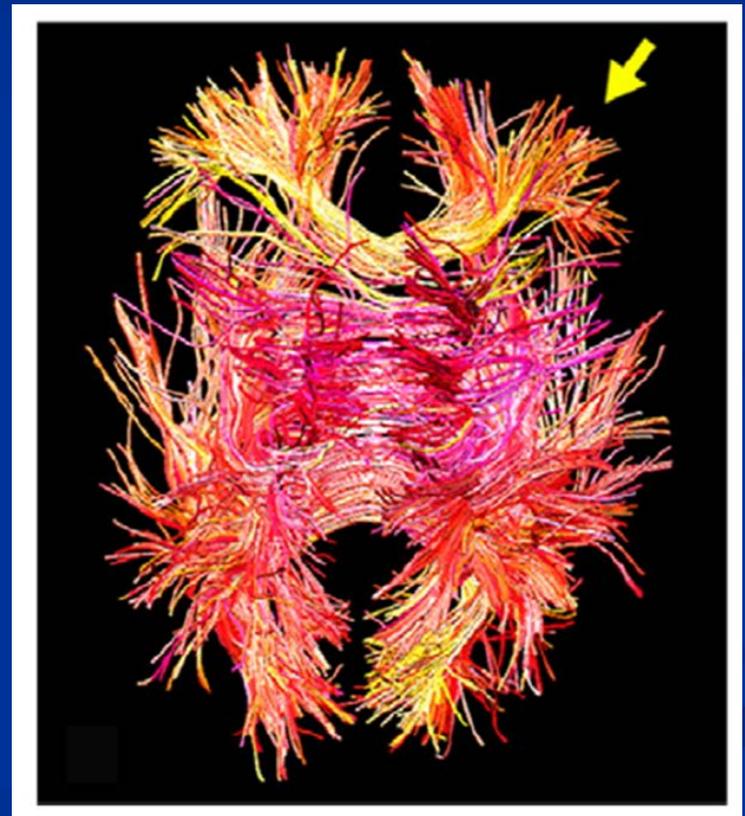
纖維受損情形

紅斑性狼瘡：治療評估



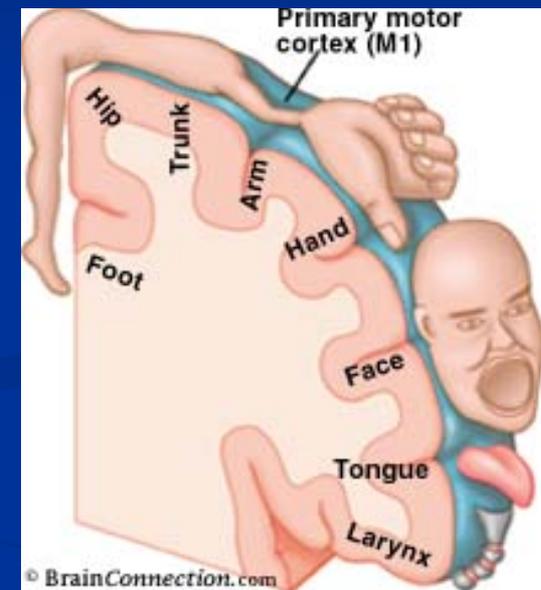
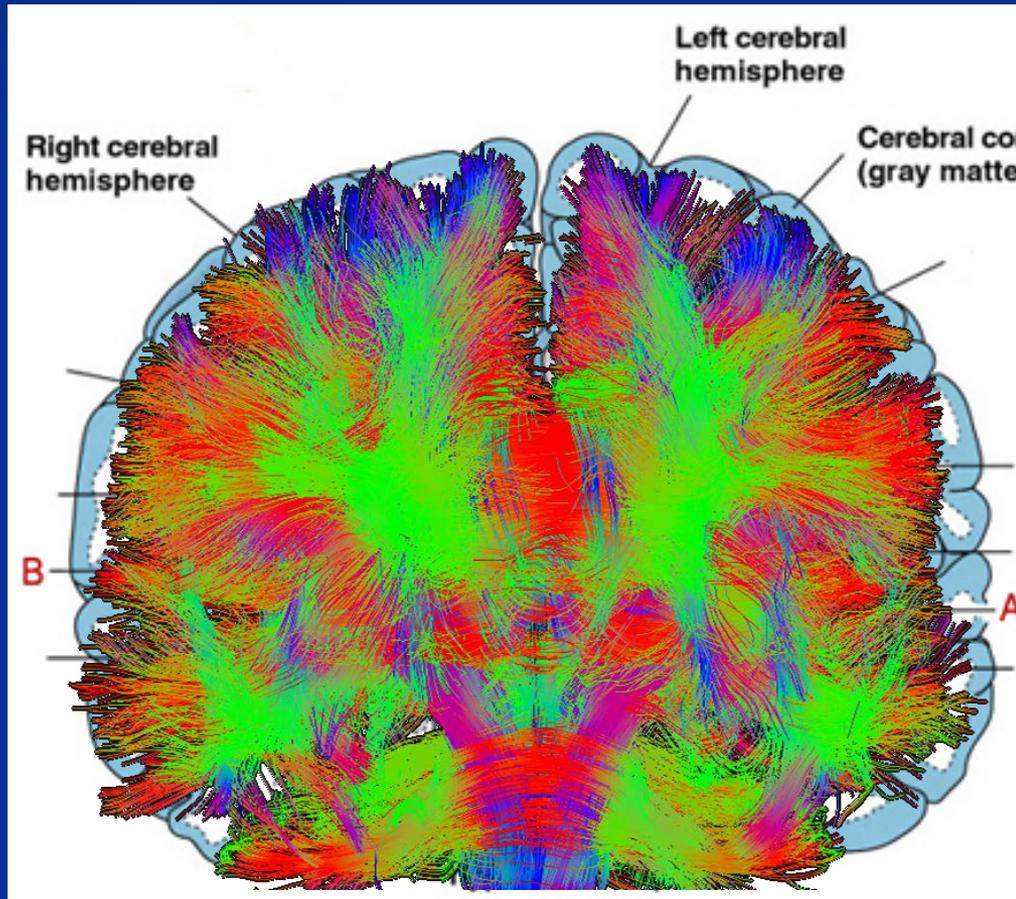
類固醇治療前

17個月



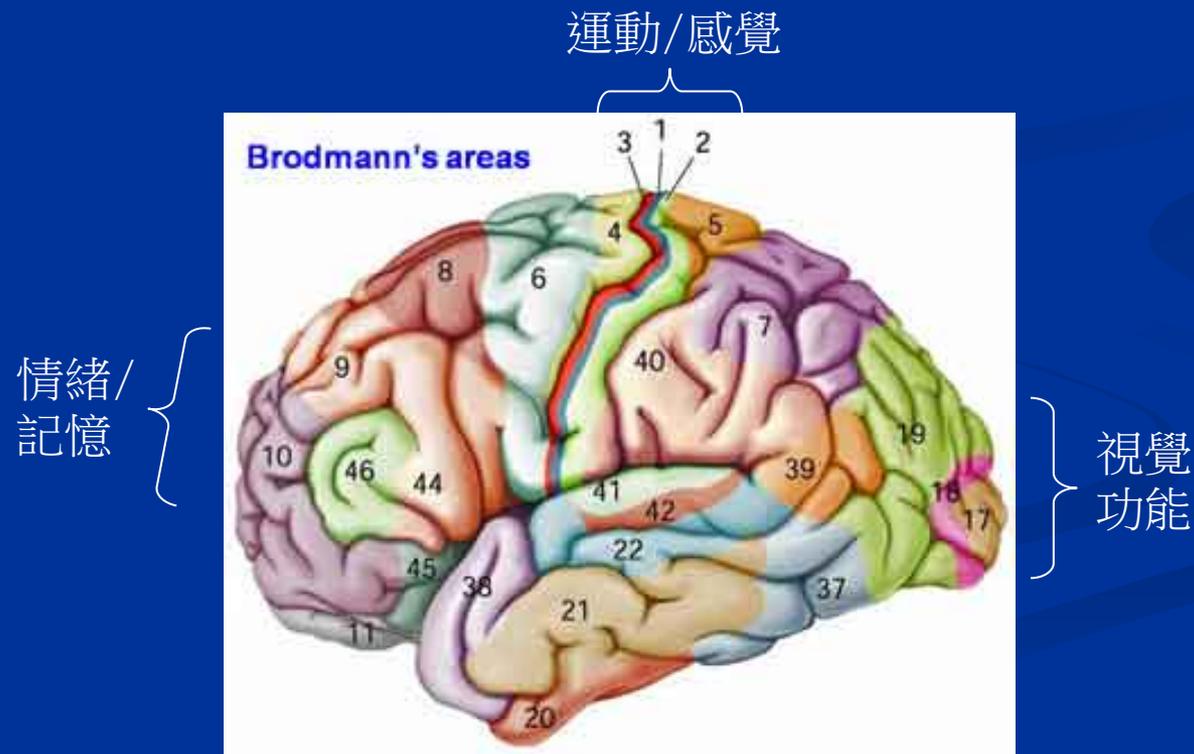
類固醇治療後

腦部的結構連結



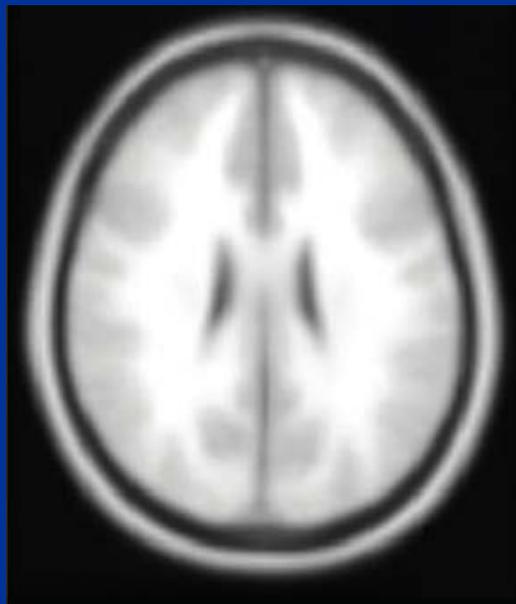
腦部的連結分析

- 20世紀，德國解剖學家Brodmann根據細胞結構，將大腦細分52個區域



腦部連結分析

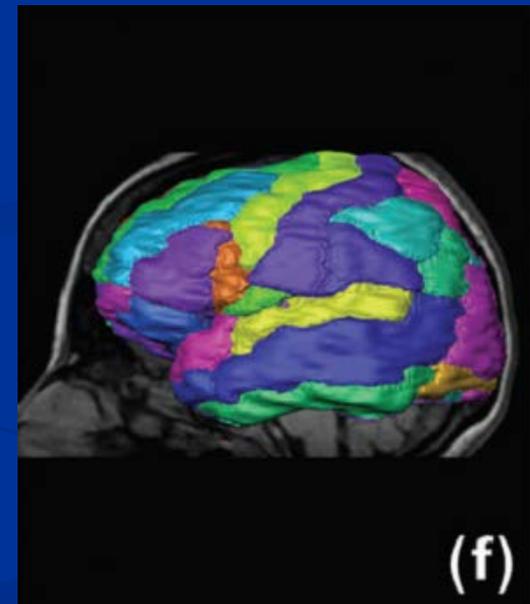
■ 腦部皮質進行分區



T1 結構影像

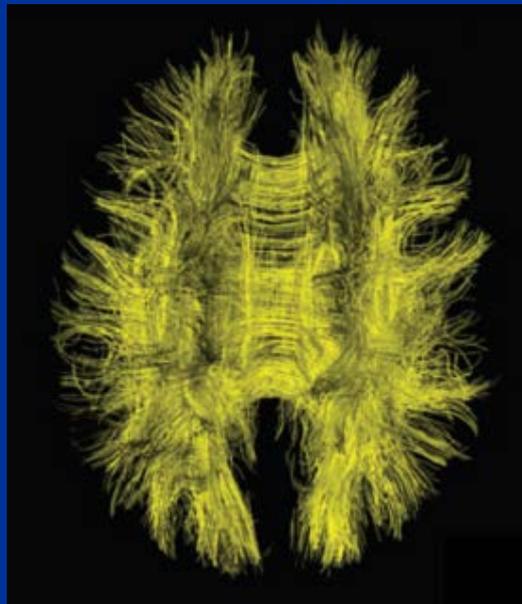


皮質分區

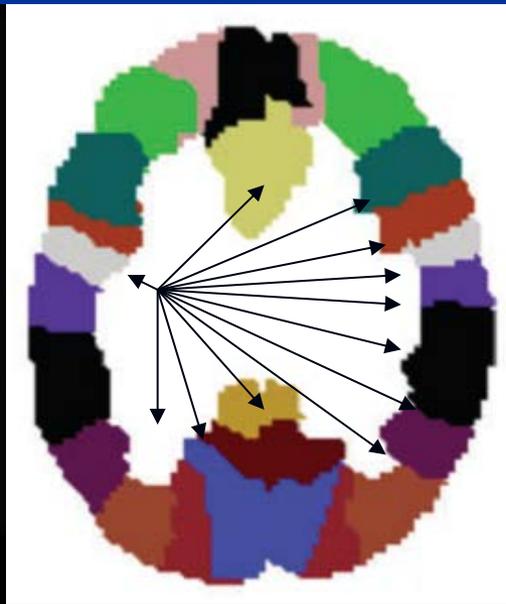


腦部連結分析

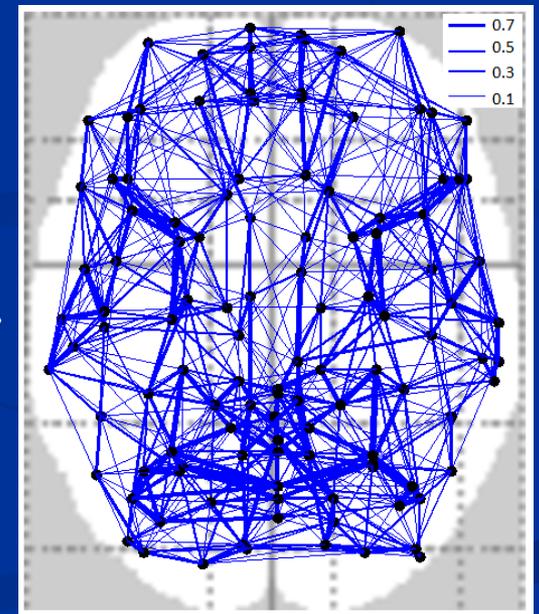
■ 計算腦部皮質間的纖維連結



纖維追蹤圖



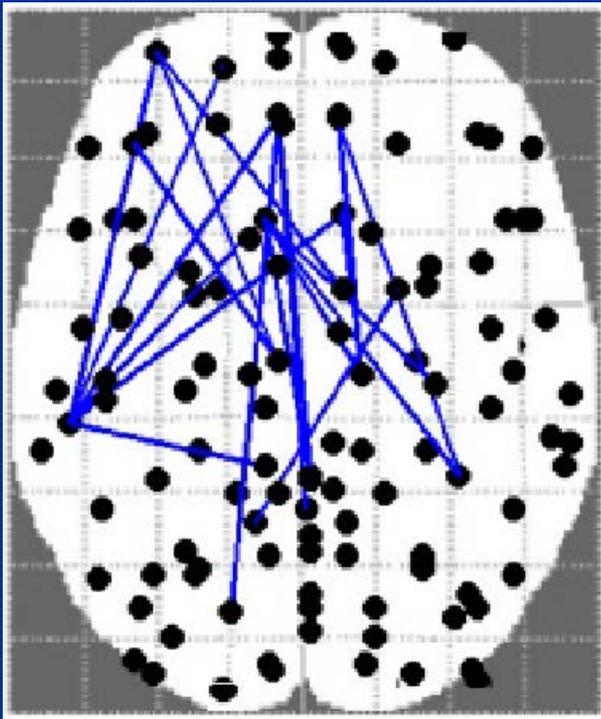
皮質分區



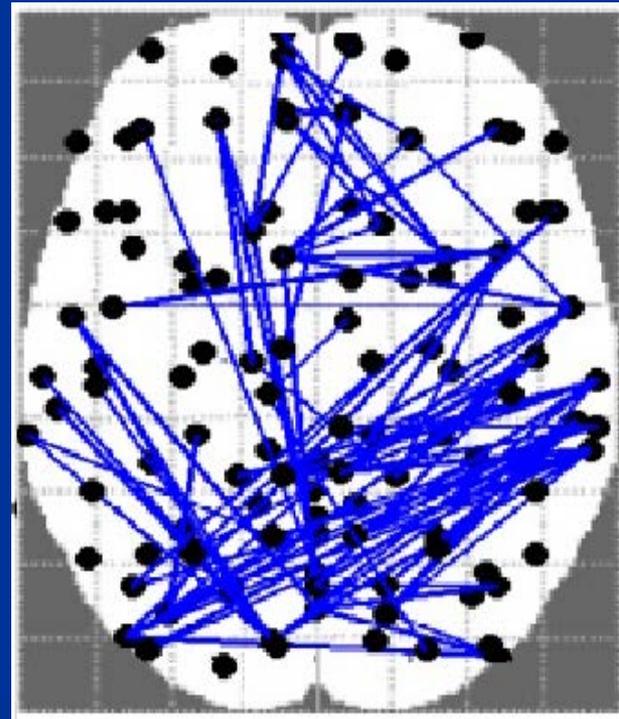
腦部網絡圖

性別差異：腦部連結分析

- 20歲男/女性腦部連結差異(M/F=20/20)



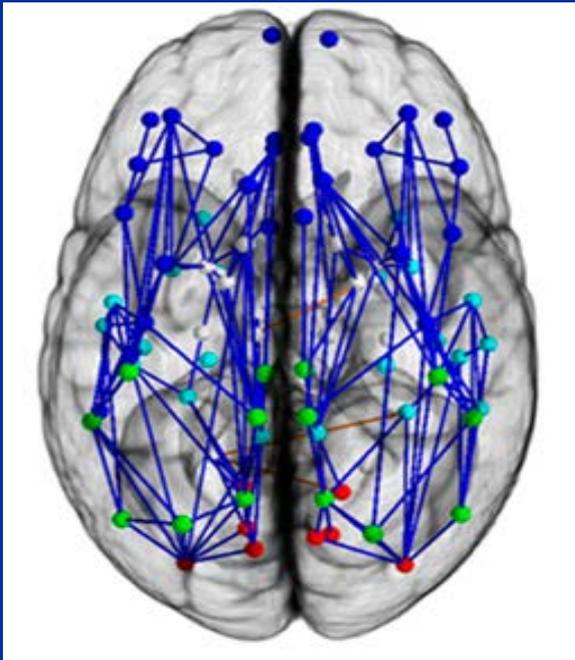
Male > Female



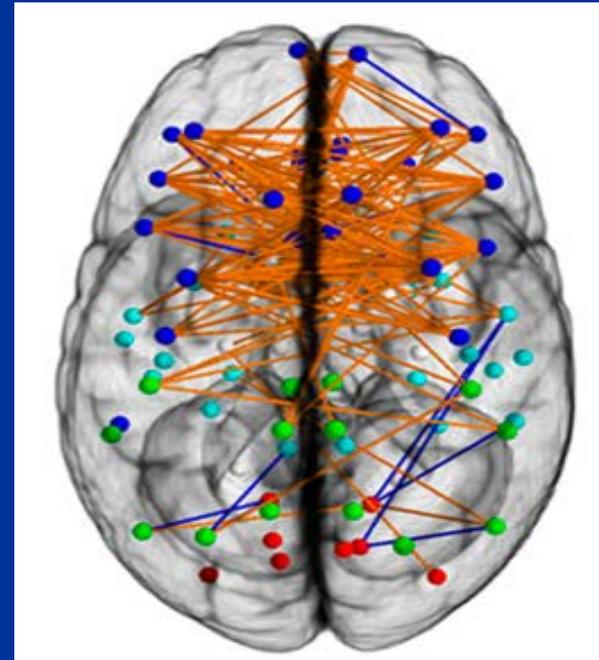
Female > Male

性別差異：腦部連結分析

- 男/女性腦部連結的差異 (M/F=428/521)



Male > Female



Female > Male

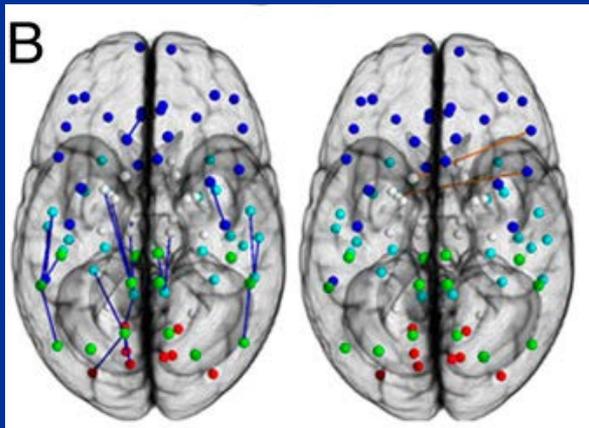
性別差異：腦部連結分析

■ 不同年齡層的男/女腦部連結差異

8–13 y/o

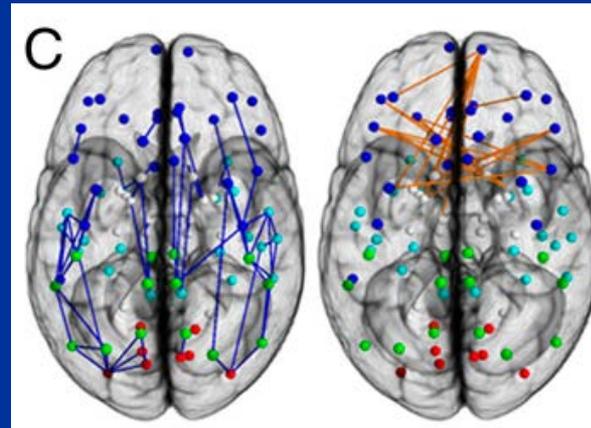
13–17 y/o

17–22 y/o



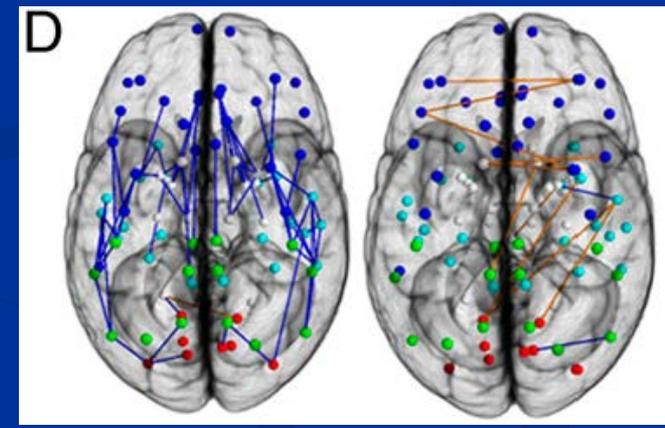
M > F

F > M



M > F

F > M

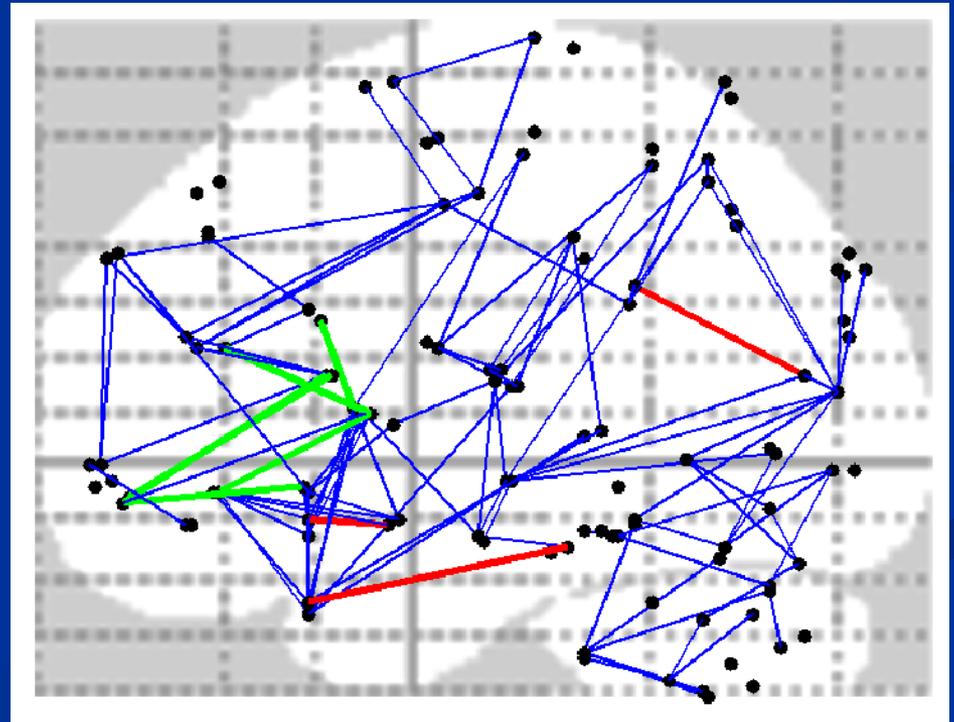
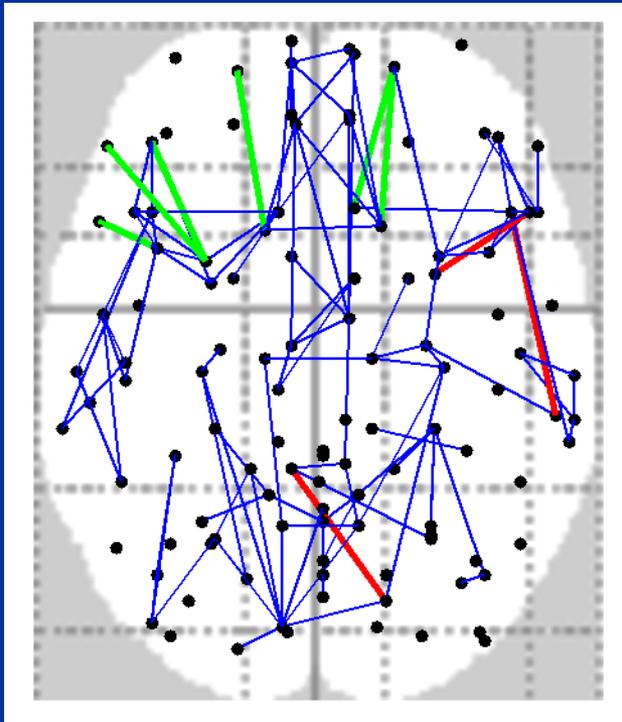


M > F

F > M

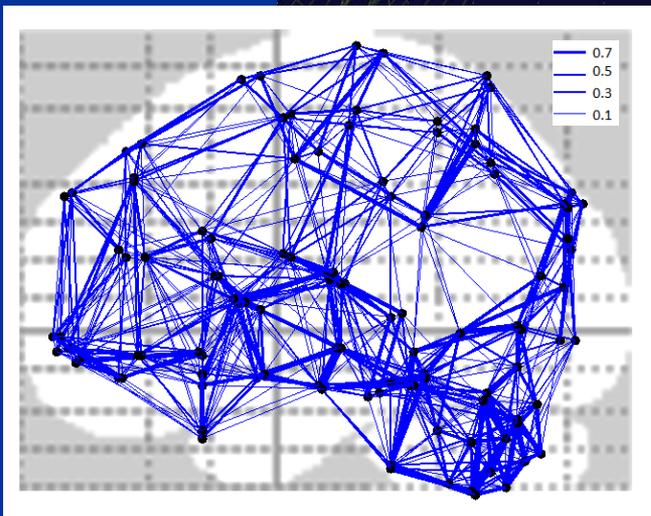
洗腎患者：腦部連結分析

- 腦部正常的洗腎患者，部分腦部區域間的連結性顯著降低。(33病人 vs 29正常人)



小世界網路分析

- 腦部可視為一個小世界，透過纖維互相連結。



世界飛航路線圖－航線愈密集、連結性愈高

網路特性分析

- **Node degree:** 與節點相連的連結數目 (朋友數)



- **Node strength:** 與節點相連的程度總和 (友誼)

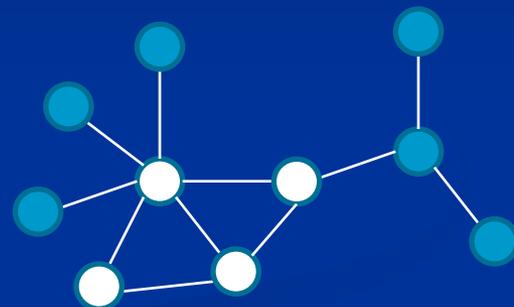


- **Node local efficiency:** 與該節點相連之平均「最短路徑」之倒數 (獲得八卦消息的速度)

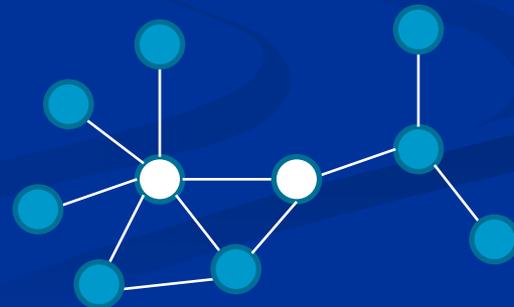


網路特性分析

- **K-core:** 與K個節點互相連結 (堅固的朋友數目)

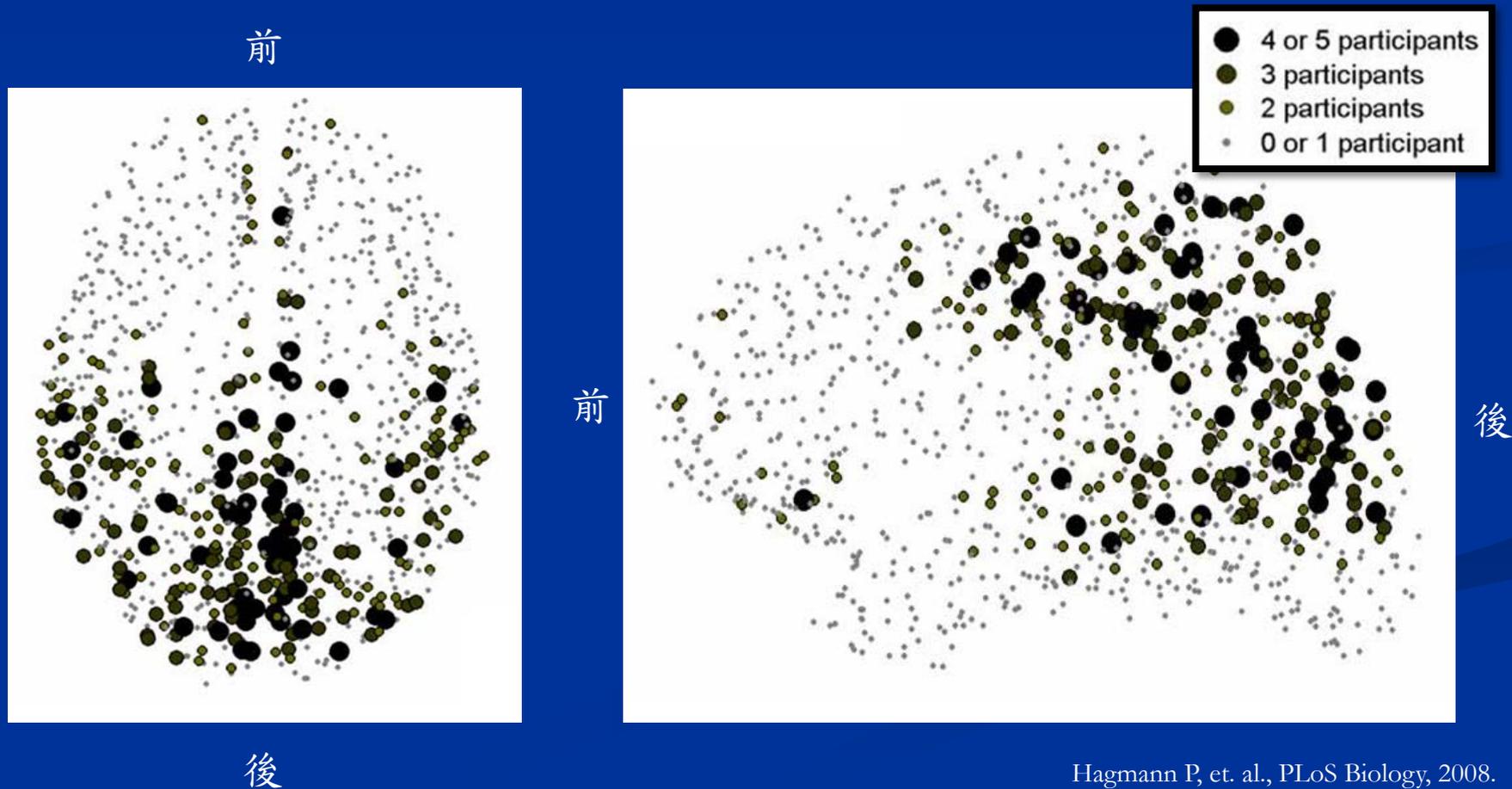


- **Betweenness Centrality:** 有多少個「最短路徑」通過該節點 (八卦集中程度)



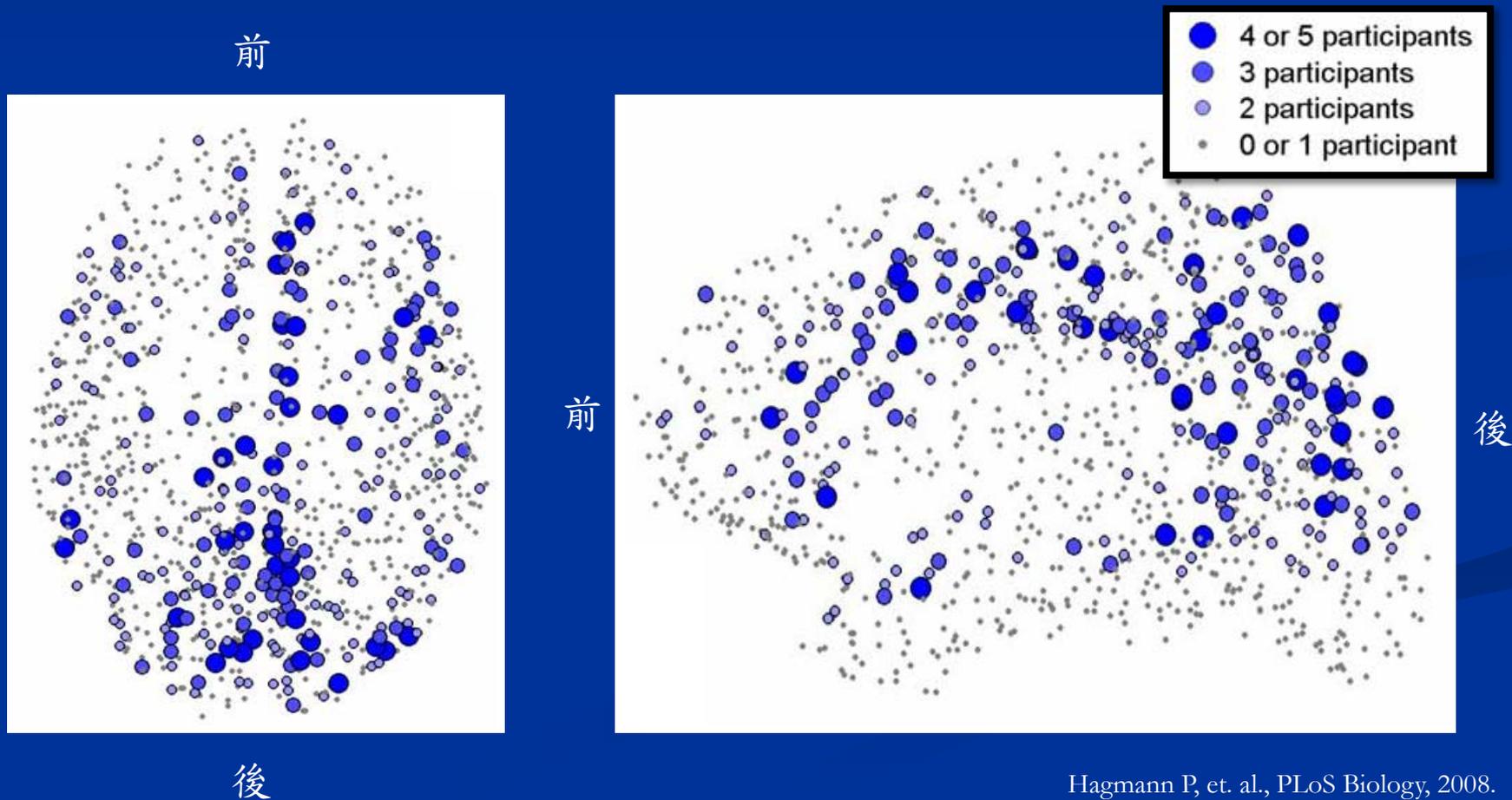
正常人：腦部網路分析

■ 正常人腦部網路Node Degree之分布



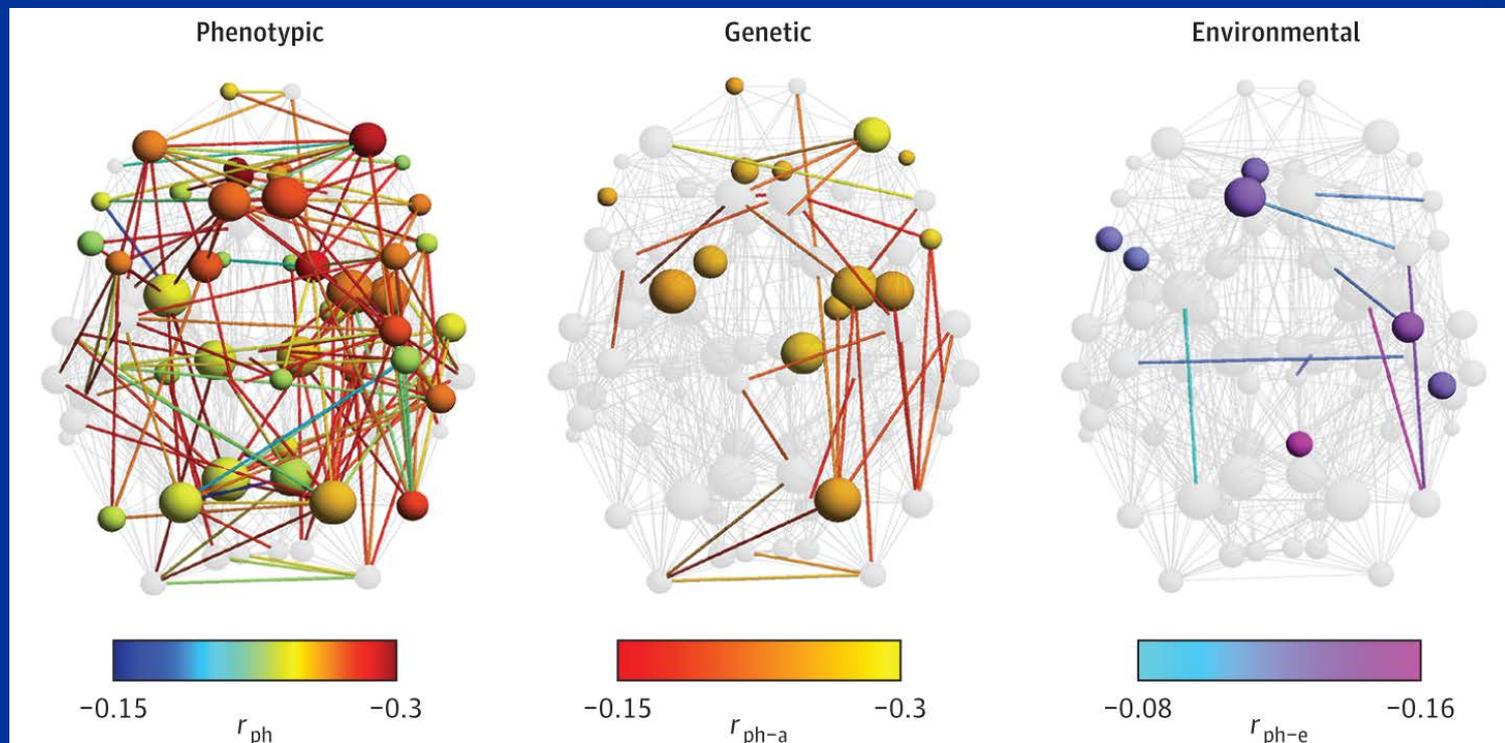
正常人：腦部網路分析

■ 正常人腦部網路Betweenness Centrality分布



思覺失調症：腦部網路分析

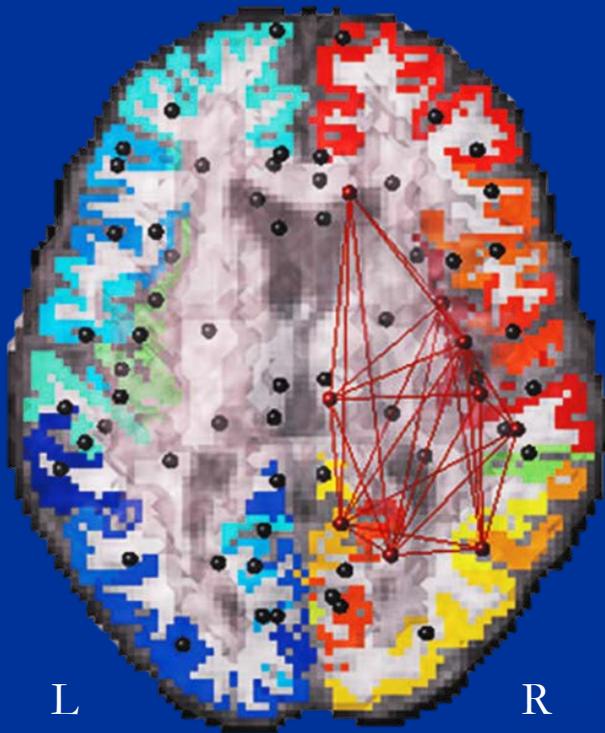
- 思覺失調患者的**Node Efficiency**顯著變化。
(70對雙胞胎患者 vs 130對正常雙胞胎)



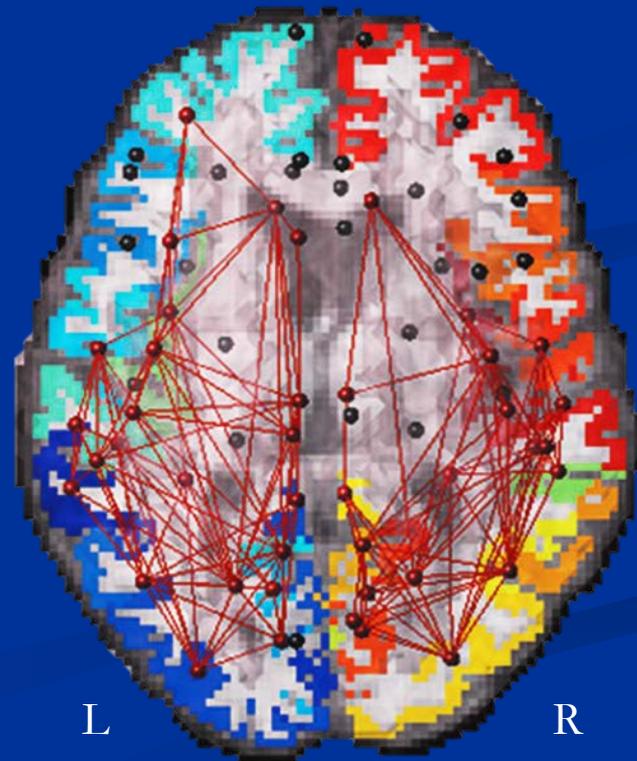
與三種因子均呈「負相關」

阿茲海默症：腦部網路分析

- 阿茲海默症患者的k-core明顯降低。
(15患者 vs 28正常人)

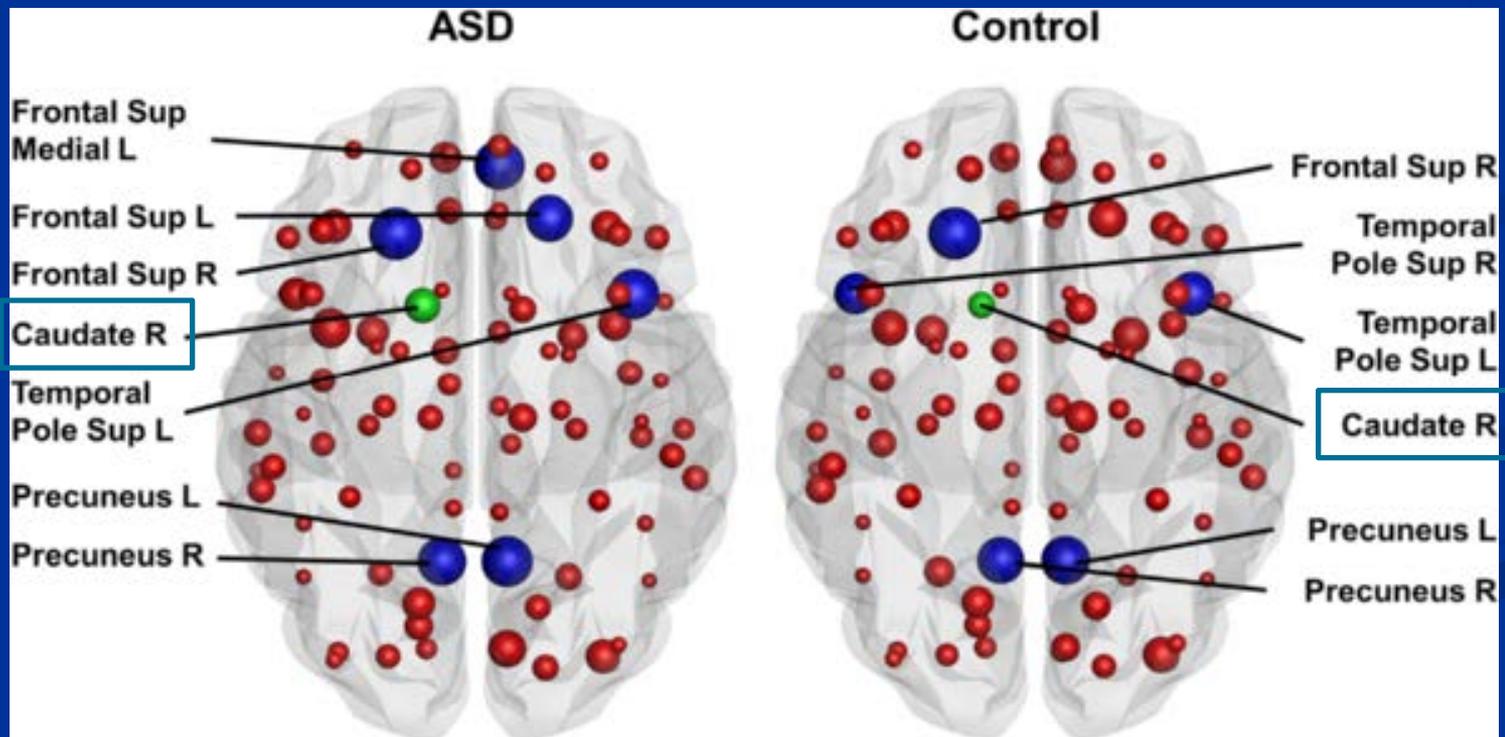


阿茲海默症



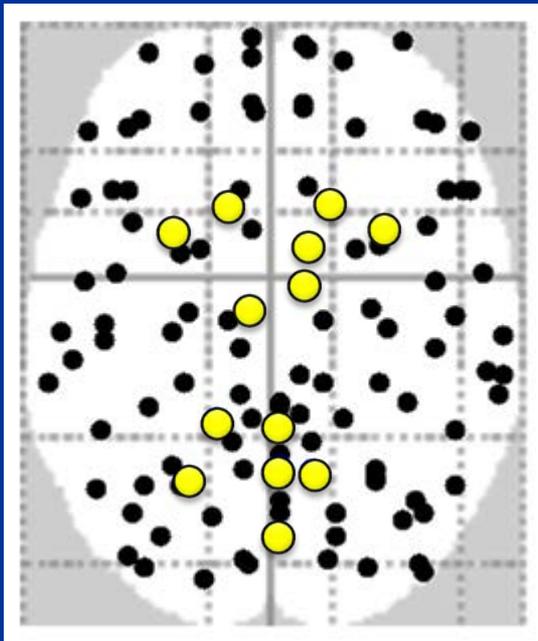
自閉症患者：腦部網路分析

- 高功能自閉症患者的 **Betweenness Centrality** 顯著增加。(14患者 vs 19正常人)

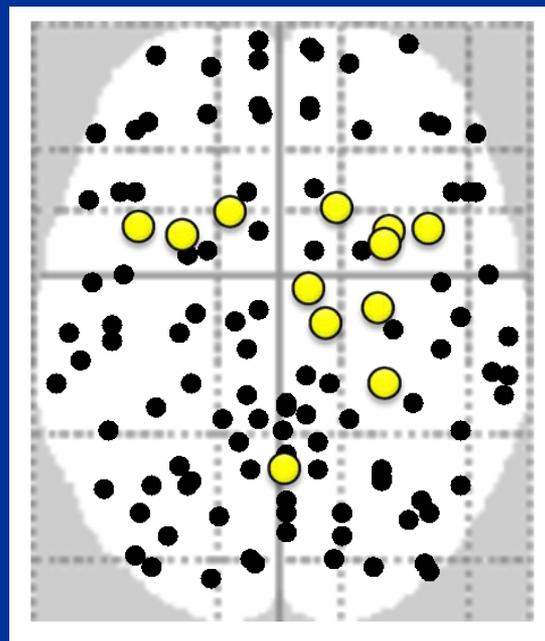


洗腎患者：腦部網路分析

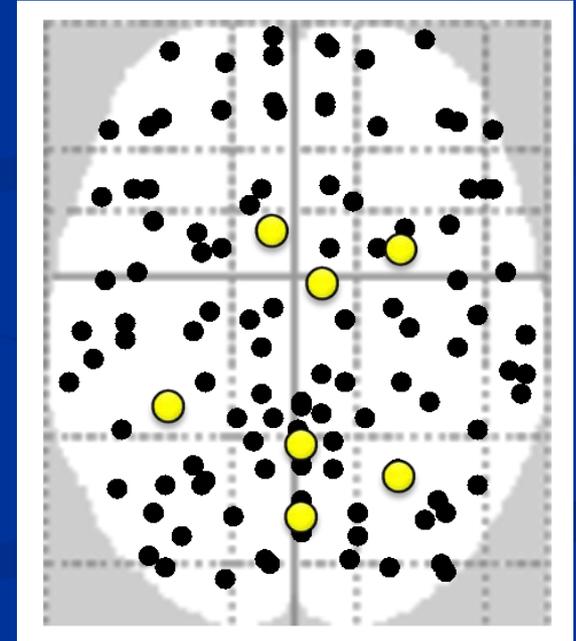
- 腦部表現正常的洗腎患者中，部分區域的網路特性均顯著降低。(33病人 vs 29正常人)



Node Degree ↓



Node Strength ↓

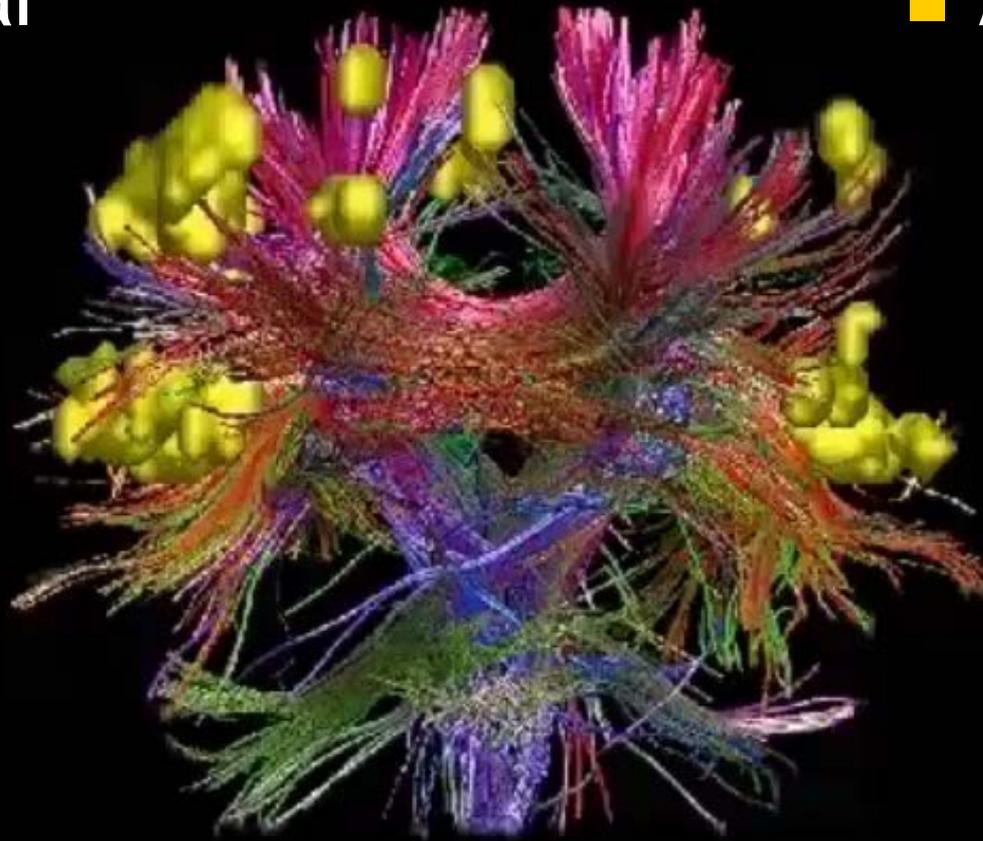


Node Efficiency ↓

「結構」與「功能」

- Neuronal Fibers

- Auditory Function



In Summary

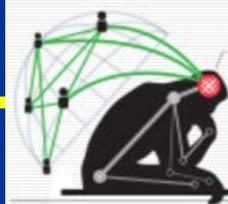
- 擴散權重影像：非侵入式的MRI技術，可偵測組織的水分子擴散。
- 擴散張量造影：可以準確地測量水分子的三維擴散分布。
- 纖維追蹤技術：可以進一步用來重建腦部纖維，以及建構出腦部的結構網路。

In Summary

- 擴散磁共振造影，可幫助偵測疾病所造成的腦部**組織微變化**，也可以幫助了解大腦發育、退化或訓練時的**網路改變**情形。
- 進一步探討腦部之**結構與功能**，有助於了解腦部變化與心智功能的關聯性。

**Thanks for your
attention!**

心智科學腦研究推動網



身體 · 心靈 · 文化 整合影像研究中心

IMAGING CENTER for Integrated
BODY, MIND AND CULTURE Research

台灣大學



台灣心智科學
腦造影中心

Taiwan Mind &
Brain Imaging Center

政陽團隊

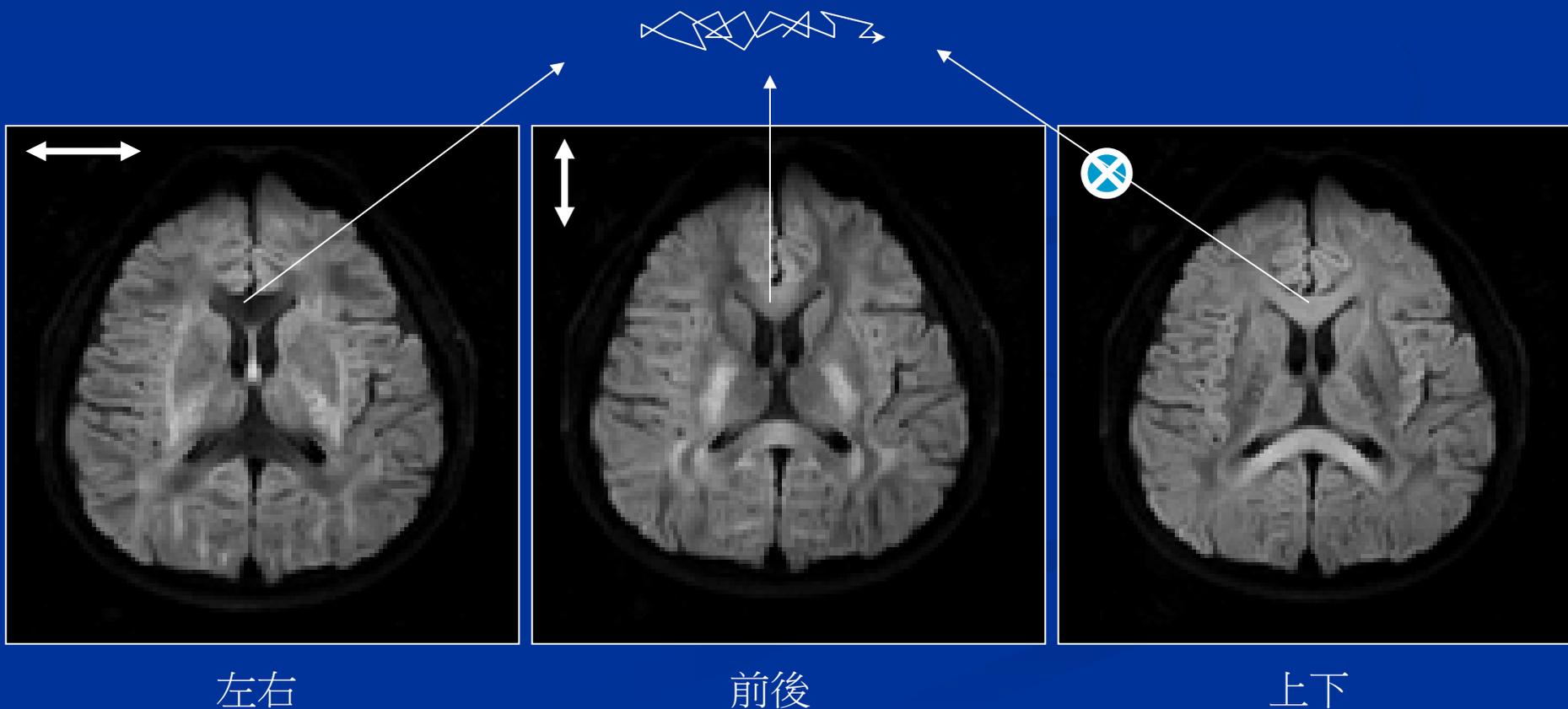


心智科學腦研究推動網 成功大學心智影像研究中心
Mind Research and Imaging Center, NCKU

成功大學

擴散磁共振造影

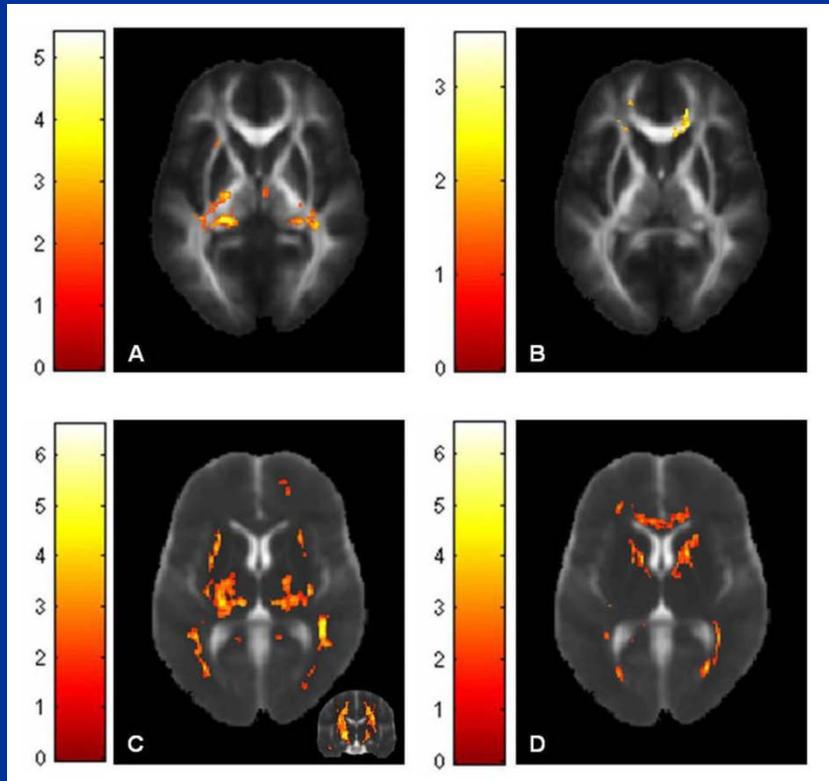
- 實際上，水分子有不同的擴散方向



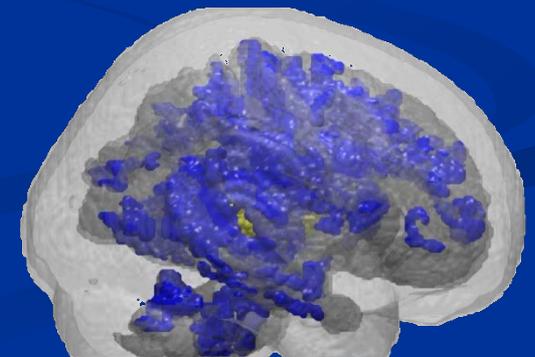
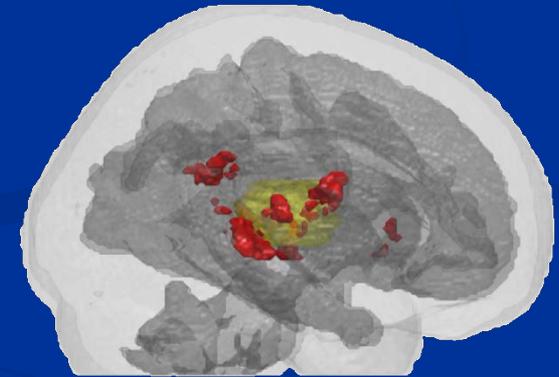
擴散張量造影

- 診斷藥物濫用引起之腦部微小變化
(31使用者 vs 33無使用者)

FA ↑
(P > C)

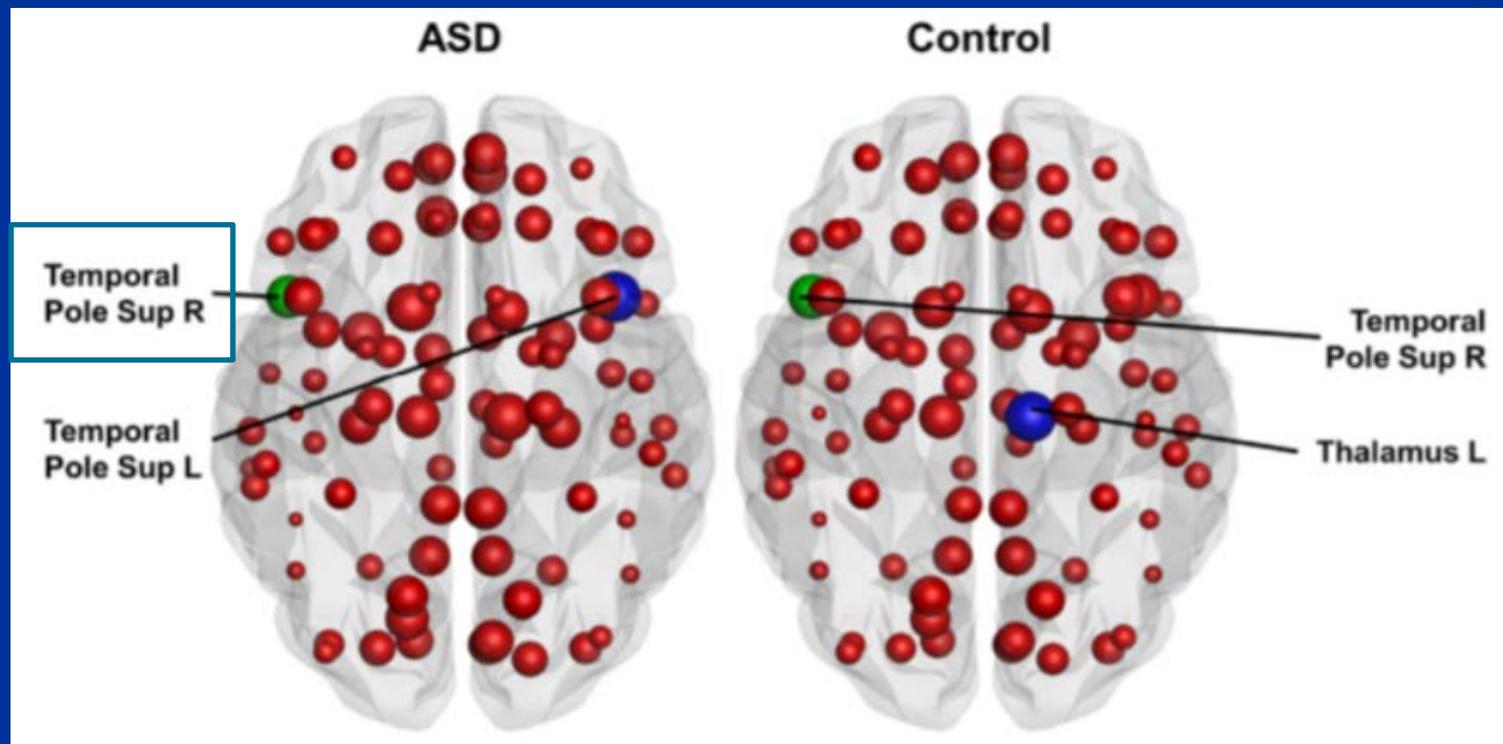


MD ↓
(P < C)



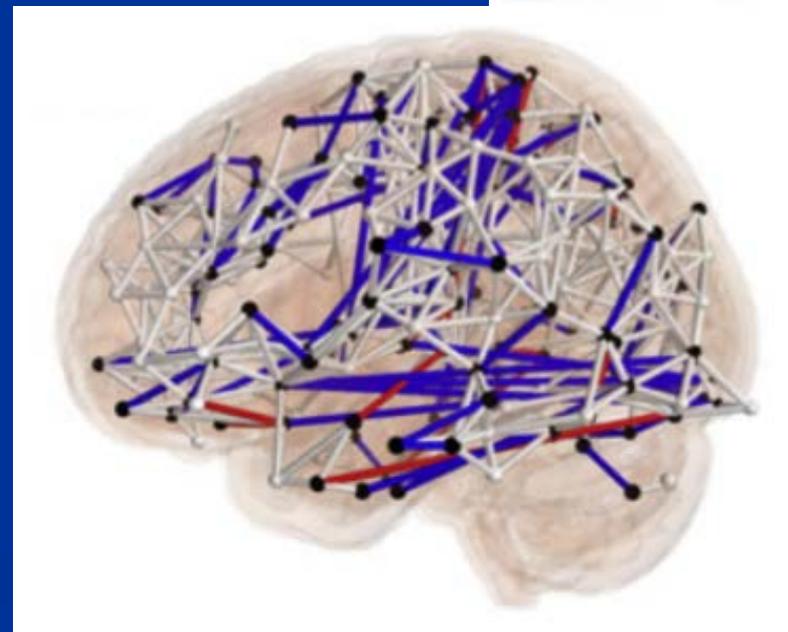
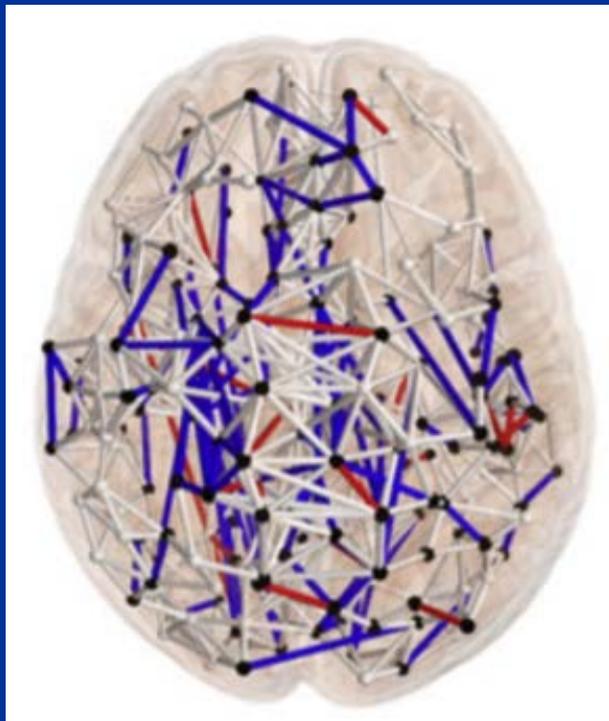
自閉症患者：腦部網路分析

- 高功能自閉症患者的**Node Strength**顯著降低。(14患者 vs 19正常人)



自閉症患者：腦部連結分析

- 自閉症患者的腦部連結性異常增加/減少。
(42患者 vs 37正常人)



■ TD > ASD
■ ASD > TD